

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta elektrotechniky a informatiky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Ostrava 2017

Lukáš Sasín

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství

Absolvování individuální odborné praxe
Individual professional practice in the company

2017

Lukáš Sasín

Zadání bakalářské práce

Student:

Lukáš Sasín

Studijní program:

B2649 Elektrotechnika

Studijní obor:

2612R041 Řídicí a informační systémy

Téma:

Absolvování individuální odborné praxe
Individual Professional Practice in the Company

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

1. Student vykoná individuální praxi ve firmě: Taurid Ostrava s.r.o.
2. Struktura závěrečné zprávy:
 - a. Popis odborného zaměření firmy, u které student vykonal odbornou praxi a popis pracovního zařazení studenta.
 - b. Seznam úkolů zadaných studentovi v průběhu odborné praxe s vyjádřením jejich časové náročnosti.
 - c. Zvolený postup řešení zadaných úkolů.
 - d. Teoretické a praktické znalosti a dovednosti získané v průběhu studia uplatněné studentem v průběhu odborné praxe.
 - e. Znalosti či dovednosti scházející studentovi v průběhu odborné praxe.
 - f. Dosažené výsledky v průběhu odborné praxe a její celkové zhodnocení.

Seznam doporučené odborné literatury:

Podle pokynů konzultanta, který vedl odbornou praxi studenta.


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jan Vaňuš, Ph.D.**


Konzultant bakalářské práce: Ing. Robert Hofman

Datum zadání: 01.09.2016

Datum odevzdání: 28.04.2017


doc. Ing. Jiří Koziorek, Ph.D.
vedoucí katedry

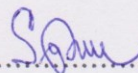



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma absolvování individuální praxe vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum: 26. 4. 2017



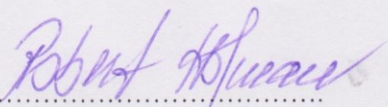
Lukáš Sasín

Prohlášení právnické osoby

Souhlasím se zveřejněním této bakalářské práce dle požadavků čl. 26. odst. 9 Studijního a zkušebního řádu pro studium v bakalářských programech VŠB-TU Ostrava.

Datum:

26. 04. 2017


.....

Ing. Robert Hofman

Poděkování

Velice rád bych poděkoval mému konzultantovi bakalářské práce Ing. Robertu Hofmanovi za poskytnutou příležitost vykonat bakalářskou práci ve firmě Taurid Ostrava s.r.o., dále za odborné vedení, poskytnuté rady a zpětnou vazbu k mé bakalářské práci. Další poděkování bych rád směřoval projektantovi firmy Taurid Ostrava s.r.o. Ing. Antonínu Křečkovi, za vedení, cenné rady a poskytnuté zkušenosti při práci na nejrozsáhlejší části mé bakalářské práce. V neposlední řadě bych také rád poděkoval mému vedoucímu bakalářské práce Ing. Janu Vaňušovi, Ph.D., za pomoc, odborné konzultace a rady při vypracování mé bakalářské práce.

Abstrakt

Tato bakalářská práce popisuje průběh absolvování individuální odborné praxe ve firmě Taurid Ostrava s.r.o. První kapitoly představují tuto firmu, obor zaměření, profil. Další kapitola obsahuje shrnutí zadaných úkolů. Následuje řešení tří zadaných úkolů. První úkol řeší optimalizaci výrobního procesu a její simulaci. Druhý úkol se zaměřuje na management firmy a popisuje tvorbu cenové nabídky. Třetí a časově nejnáročnější úkol popisuje práci projektování elektrické části dopravníkového systému pro přepravu karoserií aut lakovacím procesem. V den odevzdání bakalářské práce tento úkol stále není dokončen, i přes odpracovaných 65dnů. V práci na projektu budu pokračovat dál po ukončení bakalářské práce, dokud nebude zcela hotov

Abstract

This bachelor thesis describes the course of graduation of individual professional practice in the company Taurid Ostrava s.r.o. The first chapters represent this company, the field of focus, the profile. The next chapter contains a summary of the assigned tasks. The following three tasks are addressed. The first task solves the optimization of the production process and its simulation. The second task focuses on company management and describes the creation of a price offer. The third and most time-consuming task describes the work of designing electrical parts of the transport system for car bodywork by a painting process. On the day of submission of the bachelor's thesis, this task is still not completed, despite working 65 days. I will continue to work on the project after finishing my bachelor thesis until it is complete.

Klíčová slova

Bakalářská práce, individuální odborná praxe, simulační nástroje, simulace, moření, optimalizace, cenová nabídka, dopravníkový systém, dopravník, lakovna, projektování elektrických zařízení, Taurid Ostrava s.r.o., dokumentace, mezipatrová doprava, manipulace

Keywords

Bachelor thesis, individual professional practice in the company, modeling tools, simulation, pickling, optimization, price offer, conveyor system, conveyor, painting shop, design of electrical equipment, Taurid Ostrava s.r.o., mezzanine transport, manipulation

Obsah

1. SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	8
2. SEZNAM ILUSTRACÍ, TABULEK	9
2.1 SEZNAM TABULEK.....	9
2.2 SEZNAM ILUSTRACÍ	9
3. ÚVOD	10
4. POPIS ODBORNÉHO ZAMĚŘENÍ FIRMY	11
4.1 HLAVNÍ OBOROVÉ ZAMĚŘENÍ FIRMY	11
5. SHRUTÍ ZADANÝCH ÚLOH A METODICKÝ POSTUP JEJICH ŘEŠENÍ.....	12
5.1 SHRUTÍ ZADANÝCH ÚLOH	12
5.2 METODICKÝ POSTUP V ŘEŠENÝCH ÚLOHÁCH	12
5.3 ZAŘAZENÍ STUDENTA	12
6. OPTIMALIZACE A TVORBA SIMULACE MOŘÍCÍ LINKY	13
6.1 TEORETICKÝ ROZBOR: SIMULACE VE VÝROBNÍCH PROCESECH, SOFTWARE NÁSTROJE	13
6.2 ŘEŠENÝ ÚKOL	15
7. ZPRACOVÁNÍ PODKLADŮ PRO CENOVOU NABÍDKU MEZIPATROVÉ DOPRAVY VOZÍKŮ	19
7.1 TEORETICKÝ ROZBOR: POSTUP PŘI REALIZACI PROJEKTU	19
7.2 ŘEŠENÝ ÚKOL	21
8. PROJEKTOVÁNÍ ELEKTRICKÉ ČÁSTI DOPRAVNÍKOVÉHO SYSTÉMU PRO PŘEPRAVU KAROSERÍ AUT VÝROBNÍM PROCESM	24
8.1 ŘEŠENÝ ÚKOL	24
9. TEORETICKÉ A PRAKTICKÉ ZNALOSTI A DOVEDNOSTI ZÍSKANÉ V PRŮBĚHU STUDIA UPLATNĚNÉ STUDENTEM V PRŮBĚHU ODBORNÉ PRAXE	42
10. ZNALOSTI ČI DOVEDNOSTI SCHÁZEJÍCÍ STUDENTOVÍ V PRŮBĚHU ODBORNÉ PRAXE	43
11. DOSAŽENÉ VÝSLEDKY V PRŮBĚHU ODBORNÉ PRAXE A JEJÍ CELKOVÉ ZHODNOCENÍ	44
11.1 VLASTNÍ PŘÍNOS STUDENTA	45
12. LITERATURA	46
13. PŘÍLOHY	48

1. Seznam použitých symbolů a zkratek

PLC	- programovatelný logický automat
HMI	- rozhraní mezi člověkem a strojem
SCADA	- supervizní řízení a sběr dat
LAN	- lokální síť, místní síť
WLAN	- bezdrátová lokální síť
24/7	- 24 hodin denně, 7 dní v týdnu
CPU	- centrální procesorová jednotka
VLRM	- programovací jazyk pro popis trojrozměrných scén
AGV	- indukčně naváděné vozíky
TN-C	- je síť, ve které vodič PEN plní současně funkci středního a ochranného vodiče
TN-S	- je síť, ve které jsou ochranný vodič PE a střední pracovní vodič N vedeny samostatně
BE3N2	- prostory s nebezpečím výbuchu hořlavých plynů a par
ATEX	- prostředí s nebezpečím výbuchu
VŠB-TUO	- Vysoká škola báňská Technická univerzita Ostrava
Skid	- paletová platforma s čepy
Layout	- grafické rozložení, plán
C	- vypínací charakteristika jističe
gG	- vypínací charakteristika pojistek, určená k ochraně vedení a dalších zařízení
UPS	- zdroj nepřerušovaného napájení
EMC	- elektromagnetická kompatibilita
EX	- značka pro prostředí s nebezpečím výbuchu
PTC	- termistor
Motorová listina	- seznam elektrických zařízení
Ideová dokumentace	- dokumentace pro zahájení stavebního řízení

2. Seznam ilustrací, tabulek

2.1 Seznam tabulek

Tab. 1. Počty a druhy snímačů zahrnuté do cenové nabídky	21
Tab. 2. Počty a výkony motorů zahrnuté do cenové nabídky	22
Tab. 3. Počty potřebných vstupů/výstupů pro výběr typu PLC	22
Tab. 4. Cenové porovnání navrhovaných modelů PLC [21.].....	22
Tab. 5. Tabulka typů dopravníků, jejich zkratky a počty	29
Tab. 6. Tabulka typů dopravníků vztahující se k obrázku výše	29
Tab. 7. Instalované výkony v jednotlivých rozvodných skříních.....	31

2.2 Seznam ilustrací

Obr. 1. Obsah souboru pozice. dat	17
Obr. 2. Obsah souboru objekty.dat.....	17
Obr. 3. Obsah souboru jerab.dat.....	18
Obr. 4 Ukázka programu TSS 1.4 + rozložení výrobní linky	18
Obr. 5. Hardwarová konfigurace pro navrhovanou sestavu PLC s CPU 1200 vytvořený v programu TIA Portal.....	23
Obr. 6. Hardwarová konfigurace pro navrhovanou sestavu PLC s CPU 1500 vytvořený v programu TIA Portal.....	23
Obr. 7. Výřez malé části z výkresové dokumentace pro ukázkou typů dopravníků	29
Obr. 8. Aktuální dispozice rozvodné skříně WC1.....	34
Obr. 9. Ukázka jedné strany ideové dokumentace sekce 4 rozvaděč WC1	35
Obr. 10. Tabulka maximálního proudového zatížení kabelů [18.].....	37
Obr. 11. Tabulka maximální délky kabelů v závislosti na impedanční smyčce [12.].....	38
Obr. 12. Ukázka stránky liniového schématu sekce 28 rozvaděč WC5	39

3. Úvod

Tato bakalářská práce popisuje a prezentuje odbornou praxi u firmy Taurid Ostrava s.r.o. Bakalářská práce ve formě praxe u této firmy byla zvolena z důvodu dřívější pracovní spolupráce, a také z důvodu rozšíření znalostí a zkušeností. Také věřím, že tato bakalářská práce bude poskytovat dobré reference firmě Taurid Ostrava s.r.o., a po ukončení studia se naskytne příležitost pro tuto firmu pracovat. Jedním z hlavních důvodů je také získat praktické znalosti a přehled nutných dovedností, bez kterých se při výkonu práce v oblasti automatizace nelze obejít.

Firma Taurid Ostrava s.r.o dále označovaná také jen jako firma byla založena v roce 2003, a od té doby se propracovala k úspěchu jak na domácím, tak zahraničním trhu.

V úvodu bych ještě zmínil fakt, že tato bakalářská práce pouze popisuje způsob řešení zadaných úkolů firmou. Výsledky mé práce naleznete v přílohách tohoto dokumentu.

Všechny zadané úkoly byly reálné zakázky, které firma v danou dobu řešila. Nebylo tak možné nějak zásadně ovlivnit jejich obsah. Na druhou stranu jsem získal mnoho zkušeností, které mohu uplatnit ve svém dalším kariérním růstu.

V kapitole 4 je v krátkosti představená firma Taurid Ostrava s.r.o. a popsáno její hlavní oborové zaměření. V kapitole 5 jsou shrnuty úkoly, které jsou obsahem této bakalářské práce a jejich metodické řešení.

Kapitola 6 popisuje první řešený úkol, kde je řešená posloupnost manipulací jeřábu pro moření sudů v mořárně. Zákazníkem byly dodány požadavky na takt linky a předána receptura výroby. Na základě těchto informací byla vytvořena posloupnost manipulací jeřábu a navrženy ústupky v receptuře pro splnění požadovaného taktu.

Kapitola 7 popisuje druhý řešený úkol, kde je řešená tvorba motorové listiny pro mezipatrovou dopravu vozíků po dopravníkovém systému. Zákazníkem byly dodány podklady pro fungování linky. Na základě tohoto dokumentu bylo požadováno vytvořit soupisku materiálu pro cenovou nabídku.

Kapitola 8 popisuje třetí řešený úkol, kde je řešena práce na projekci elektrické části dopravníkového systému pro přepravu karoserií aut lakovacím procesem. Jedná se o časově nejnáročnější úkol. Je požadováno vytvoření ideové a výrobní dokumentace, na jejímž základě proběhne výroba a montáž u zákazníka. Dále je také požadováno vytvořit jednoduchá a přehledná schémata, která budou doplňkem dokumentací a usnadní montáž, tak i další podklady důležité pro realizaci zakázky.

Následující kapitoly 9, 10 a 11 popisují uplatněné i nově nabyté zkušenosti a znalosti, a také shrnují celou bakalářskou práci. Kapitola 12 a 13 pak obsahují seznam literatury a příloh.

4. Popis odborného zaměření firmy

Firma realizuje řízení výrobních procesů v komplexních dodávkách a službách pro zákazníky na celém světě. Nabízí osvědčená řešení s přiměřenou dávkou inovace, dbá na vysokou kvalitu poskytovaných služeb, rozvíjí dlouhodobou spolupráci se zákazníky na bázi vzájemné důvěry a spolehlivosti. Firma je certifikovaným partnerem společnosti Siemens, která je jedním s největších společností nabízejících automatizační techniku. Dále vlastní certifikát ISO 9001:2008, ověření pro management kvality.

4.1 Hlavní oborové zaměření firmy

- Projekční práce v CAE ePlan
- Vývoj uživatelského software pro řídicí systémy (PLC)
- Vývoj uživatelského software pro operátorské panely (HMI)
- Vývoj uživatelského software pro vizualizační a monitorovací stanice (SCADA)
- Projektování lokálních průmyslových sítí LAN, WLAN
- Vývoj softwarových modulů
- Simulace, modelování a optimalizace výrobních systémů
- Projektování elektrických stejnosměrných a střídavých regulovaných pohonů
- Dodávky zařízení, výroba
- Modernizace stávajících elektrických zařízení a morálně zastaralých systémů řízení
- Instalace a zprovoznění u koncového zákazníka
- Technická pomoc v režimu 24/7
- Záruční a pozáruční servis[1.]

5. Shrnutí zadaných úloh a metodický postup jejich řešení

5.1 Shrnutí zadaných úloh

Po dobu pobytu na individuální odborné praxi bylo zadáno nespočet dílčích úkolů. Součástí této bakalářské práce jsou však tři nejrozsáhlejší úkoly. Tyto úkoly byly již pevně stanoveny na začátku praxe. Úkoly stanovil konzultant bakalářské práce pan Ing. Robert Hofman.

První úkol se zabývá řešením optimalizace mořicí linky, kde vznikl požadavek na určitý takt linky. Byly poskytnuty základní údaje o receptuře a možnostech ústupků či rozšíření. Výstupem pak bylo řešení, které obsahovalo různé druhy úprav mořicí linky a nejrychlejší sekvenci či posloupnost manipulační jednotky pro získání co největšího taktu výrobní linky.

Druhý úkol částečně zasahoval do managementu firmy. Jeho obsahem bylo vytvořit podklady pro cenovou nabídku menšího dopravníkového systému s mezipatrovou dopravou. Byly poskytnuty podklady, kde byla popsána funkčnost systému a části které mají být zahrnuty v cenové nabídce. Výstupem úkolu byla soupiska materiálu, která byla předána managementu firmy pro stanovení cenové nabídky.

Třetí úkol se týkal projektování elektrických zařízení. Jednalo se o tvorbu projektu elektrické části dopravníkového systému pro přepravu karoserií aut lakovacím procesem. Tento úkol byl, a v tuto chvíli odevzdání bakalářské práce stále je, časově nejnáročnějším. Firma řeší projekci, výrobu a samotnou montáž celého zařízení. O velikosti projektu se můžete dozvědět v 8. kapitole. Výstupem bude kompletní výrobní a montážní dokumentace. Tento projekt nebude v době odevzdání bakalářské práce určitě hotov. Prozatímní termín dokončení je stanoven měsíc po odevzdání této práce. Má práce na tomto projektu však pokračuje až do konečného dokončení. V této práci se nachází prozatímní stav dokumentace k 24. 4. 2017.

5.2 Metodický postup v řešených úlohách

Na začátku kapitoly bude zmíněn teoretický rozbor, týkající se daného tématu. Poté bude následovat stručný popis zadaného úkolu a jeho samotné řešení. V řešení najdeme kompletní zadání od vedoucího, řešení úkolu, vzniklé komplikace, dokumentaci práce, popis pracovního zařazení a podobné informace. Kapitoly nemají pevně určené body, ty se mění v závislosti na řešeném úkolu.

5.3 Zařazení studenta

Prvotní zařazení bylo pod část firmy zabývající se programováním a ožiováním řídicích systémů. Zde bylo místo působení ze začátku praxe, kdy byl zadán úkol optimalizovat a vytvořit simulaci mořicí linky.

Následující zařazení proběhlo do projekčního oddělení firmy, kde byl vykonáván zbytek odborné praxe pod vedoucím projektantem panem Ing. Antonínem Křečkem. Na této pozici byla vykonána část bakalářské práce. Kromě dále zadaných úkolů bylo pracováno na tomto oddělení i s dalšími projekty, které bylo nutno rychle řešit. Tato dílčí výpomoc však není součástí bakalářské práce.

6. Optimalizace a tvorba simulace mořící linky

6.1 Teoretický rozbor: simulace ve výrobních procesech, softwarové nástroje

Úvod do problematiky

Simulační software je již řadu let součástí běžné inženýrské praxe. Dnes už nejsou tyto aplikace zaměřeny pouze na řešení jednoho určitého problému, ale jsou velmi komplexní. Simulační software se nevyužívá pouze v elektrotechnice, ale také v další řadě technických oborů, jako je například strojírenství a chemie.

Důvodů, proč vlastně využívat simulační nástroje, je hned několik. Možnost modelovat zatím neexistující výrobu nebo u stávající výroby hledat příčiny vyskytujících se problémů. Takto lze snadno najít úzká místa ve výrobním procesu, získat informace o vytížení strojů i personálu. Tyto informace nám pak mohou pomoci při samotném návrhu řídicího systému.

Dalšími faktory, které je nutno brát v potaz, je pak časové hledisko. Modelování v mnoha případech lze uskutečnit ve velmi krátké době. Obecně však platí, čím detailnější požadavek na simulaci, tím více času zabere jeho tvorba. Významným faktorem je i ekonomická stránka věci. Firmám se dnes mnohem více vyplatí nejprve simulovat budoucí výrobu a případně odhalit nejrizičnější úskalí. Tato úskalí nemusí být vždy na první pohled patrná, avšak použitím simulace se lze velkému procentu těchto skrytých úskalí vyvarovat.

Charakteristické rysy výrobních systémů

K tomu, abychom byli schopni vytvářet odpovídající a kvalitní model výrobních systémů a procesů v nich probíhajících, je třeba nejprve pochopit strukturu výroby a seznámit se s jejími jednotlivými částmi. Nejprve je tedy nutné výrobní systém důkladně analyzovat a interpretovat. Tuto analýzu můžeme realizovat podle několika různých hledisek, níže jsou zmíněny některé z nich.

- *Typ výroby*

Rozlišuje, zdali se jedná o výrobu kusovou, či kontinuální, zda budeme vyrábět na zakázku, či na sklad, nebo budeme požadovat kombinaci těchto možností.

- *Topologie a rozmístění*

Toto hledisko řeší, jak budou umístěny stroje, pracoviště, úseky vzhledem k prostorovým dispozicím výrobní haly a návaznosti na dopravní a manipulační subsystémy

- *Tok materiálu*

Řeší, jakými prostředky probíhá pohyb materiálu výrobním procesem. Dopravníkové systémy, systémy AGV, pomocí jeřábů či jakoukoli jejich kombinací. Dále je zde nutno zahrnout systém skladového subsystému.

- *Tok informací*

V tomto kroku se snažíme charakterizovat strukturu informačních cest, datová propojení mezi stroji, linkami, geograficky vzdálenými pracovišti, spojení dat s nadřazenými řídicími systémy. Zajímá nás také charakter dat, případně možnosti ukládání do databáze.

- *Strojový park a nástrojové vybavení*

Zde nás zajímají typy strojů, jejich kapacita, výkon, spolehlivost, nároky na údržbu či obsluhu

- *Personál a lidské zdroje*

V moderní technologii je trendem snižovat počty lidí nutných k provozu technologie. Avšak bez lidského faktoru se zatím nikdy neobejdeme. Proto musíme také zahrnout nároky kladené na pracovníky ve výrobě, obsluze, údržbě, počet těchto pracovníků a jejich kvalifikaci

Softwarové nástroje

V dnešní době můžeme rozdělit systémy pro simulování výroby do tří základních kategorií. Do první kategorie spadají obecné simulační jazyky, například Simula, AweSim a další. Tyto softwarové nástroje jsou spíše samotnými programovacími jazyky, Vstupem i výstupem těchto programů jsou textově zadávané informace. Pracovníci využívající těchto programů musí být však zdatní a zkušení nejen v oblasti modelování, ale i programování. Výhody jsou ve flexibilitě využití, je však nutné počítat s delším časem návrhu či přílišnou nenázorností pro koncového zákazníka.

Do druhé kategorie patří převážně programy využívající grafické rozhraní při komunikaci mezi používanými simulačními jazyky a uživatelem, například AutoMod, Quest a další. Je možné zde tvořit program přímým programováním jako v předchozím případě nebo lze použít i grafického vývoje. Hlavní výhodou je možné provést vizualizaci modelovaného problému. V těchto programech lze už znatelně zkrátit dobu návrhu v některých modelovaných případech využitím některých pokročilých funkcí programu.

Do třetí kategorie spadají nejmodernější simulátory, u kterých už prakticky není třeba nic programovat nebo jen ve výjimečných případech, například ProModel, WITNESS a další. V těchto programech již převládá plně grafické prostředí, proto již není nutné při obsluze tohoto programu zdatného programátora, stačí jen průměrná znalost modelování. Výhodou je i možnost vytvoření modelové vizualizace ve 3D či virtuální realitě VRML. Dále je pak možné propojení těchto nástrojů s různými databázemi. Nevýhodou je již však snížená flexibilita.

Hardwarové nástroje

Kromě softwarových nástrojů se v praxi využívají taky nástroje hardwarové. Pod tímto pojmem si můžeme představit především stavebnice technického charakteru, ze kterých lze sestavit různé modely funkčních strojů či výrobních zařízení. Výrobce těchto stavebnic je například firma FisherTechnic. Tyto modely slouží především k návrhu řídicích systémů.[2.]

6.2 Řešený úkol

Namodelování a vytvoření simulačního modelu pro transport košů v mořárně

Zadání:

Namodelujte a vytvořte simulační model pro transport košů v mořárně. Jedná se o moření sudů, které jsou naskládány do košů. Koše jsou transportovány jednotkou s pevným vedením. Předpokládejme použití dvou transportních jednotek.

Topologie a rozmístění:

Nakládka/vykládka

3. Oplach

2. Oplach

1. Oplach

Mořicí vana

Mořicí vana

Mořicí vana

Mořicí vana

Receptura:

Receptura v tomto pojetí znamená technologický postup při výrobě. Receptura bude obsahovat jen jeden program. Jednotlivé koše jdou z nakládky do jedné z mořících van (5. 6. 7. 8), poté do 1. oplachu, 2. oplachu, 3. oplachu a poté ven z linky na pozici 1 nakládky a vykládky.

Požadavek zákazníka:

Zákazník požaduje, aby výrobní linka odbavila 8 košů za hodinu, tj. 192 košů za den při nepřetržitém provozu. Je si vědom časové náročnosti receptury, ale tyto časy jsou nutné pro správnou jakost výroby. Zákazník povoluje rozumnou toleranci zmíněné receptury. Technologický proces je možné například urychlit ohřátím kyseliny na určitou teplotu nebo také snížením teploty proces zpomalit.

Technické parametry:

Časy expozic, okapů a technické parametry jsou součástí podrobného zadání úlohy: Příloha I.

Řešení

K řešení tohoto úkolu byl firmou poskytnut jejich vlastní modelovací a vizualizační program. Program s názvem TTS 1.4. Program je určen pouze k modelování a tvorbě simulace mořících výrobních procesů. Tento program byl firmou vyvinut z důvodu četnosti zakázek týkajících se mořících linek. V době vzniku programu nebyl ještě na trhu žádný vyhovující nástroj, který by firma mohla efektivně využít, sahla proto k vlastnímu vývoji. V dnešní době ho firma už tak hojně nevyužívá ale pro tento úkol je vyhovující. Nedisponuje nejmodernějšími modelačními prvky ale je využitelný hlavně pro vizuální představu a vyhodnocení časové náročnosti. S tímto programem je nutno celý výrobní proces důkladně promyslet a to alespoň přispělo k seznámení s danou problematikou.

Software spadá do druhé kategorie již výše zmíněných modelačních programů, propojuje textově psaný program s výstupní grafickou vizualizací. Nastavení a ovládání programu je řešeno přes datové soubory, kde se zadávají příkazy, které má program provést v simulaci.

Při řešení byl okamžitě nalezen problém, při dodržení veškerých podmínek stanovených zákazníkem nebylo možné splnit stanovený takt linky. Bylo dosaženo výsledku maximálně pěti košů za hodinu s použitím dvou manipulačních jednotek. Problém nebyl ani tak v nedostatku místa či rychlosti jeřábů. Hlavní problém, který zdržuje celou výrobní linku, je nutnost pomalého zanořování a vynořování košů a jejich následný okap. Hlavně časy zanoření a vynoření jsou pevné a nedá se s nimi nic dělat. I po rozumných úpravách časů se nedostavily nějaké markantní výsledky.

Nejlepší výsledky simulace byly pozorovány po odebrání jedné vany s kyselinou a její nahrazení s 2. oplachem vodou, plus přidáním třetího transportního ramene. Tato kombinace byla také následně namodelována v programu TSS 1.4. Program je součástí přílohy. Tato úprava zvýšila výrobní takt na hodnotu 2,13 košů/ hodina na jednu transportní jednotku, tedy 6,39 košů/hodina.

Toto byla bohužel největší kapacita, které bylo možno dosáhnout při dodržení podmínek receptury. Výsledky pak budou následně prezentovány zákazníkovi a budou navrženy potřebné ústupky, aby bylo možno dosáhnout alespoň 8 košů za hodinu. Takovou kapacitu by mohlo zajistit například oddělení nakládky a vykládky na opačné strany linky, ústupky na technologii, zvýšení kapacity košů, zvýšení počtu van a podobně.

Práce s programem TSS1.4

Prvotní nastavení bylo provedeno v souboru pozice.dat (Obr. 1). Každý řádek v tomto souboru je jedna pozice ve tvaru ID X Y Z. Kde ID je identifikátor pozice a X Y Z jsou absolutní souřadnice na dané ose. Jsou v něm zahrnuty jednotlivé vzdálenosti pozic, které jsou součástí zadání:(Příloha I).

Dále je nutno také nastavit soubor objekty.dat (Obr. 2). Soubor obsahuje na každém řádku definici objektu svázaného s pozicí, který na nu umožňuje zobrazovat obrázky časy expozic a tak dále. Detailní informace a příkazy pro nastavení objektů naleznete v nápovědě k tomuto programu, viz (Příloha II).

Lze zde provádět ještě jiná nastavení grafiky a popisů, jsou to již však detailní záležitosti a nemají zásadní vliv na běh simulace. Instrukce k těmto nastavením najdete také v nápovědě:(Příloha II).

Po počátečním nastavení můžeme přejít k samotné tvorbě sekvence pohybu jeřábů. Ideu této sekvence byla nejprve sestavena na papír, program za vás nemodeluje na základě zadání určitých parametrů. Model musí být vytvořen, program je jen graficky interpretuje a vypočítá kapacitu linky za

hodinu. Program se píše do souboru jerabX.dat (Obr. 3), kde X znamená číslo transportní jednotky. Pokud potřebujeme více transportních jednotek, stačí vytvořit nový soubor jerabX+1.dat.

Tyto soubory vždy musí obsahovat hlavičku s názvem jeřábu, startovní polohou, stavem naložení a podobně. Veškeré byly nalezeny v nápovědě: (Příloha II). Návod také obsahuje příkazy pro psaní samotného kódu. Například příkaz stop: T zastaví běh programu na dobu T, nebo exp:T;ID program počká, než na pozici ID uběhne nastavený expoziční čas T. Pod tímto textem se nachází inicializační soubory a ukázka z programového souboru jerab1.dat.

```
VL 0 _ _
H1 2 _ _

V1 4.4 _ _
V2 6.3 _ _
V3 8.2 _ _
V4 10.1 _ _
V5 12 _ _
V6 13.9 _ _
V7 15.8 _ _
VN 17.7 _ _

LO _ 0 _
MI _ 1.7 _
HI _ 2.4 _
```

Obr. 1. Obsah souboru pozice. dat

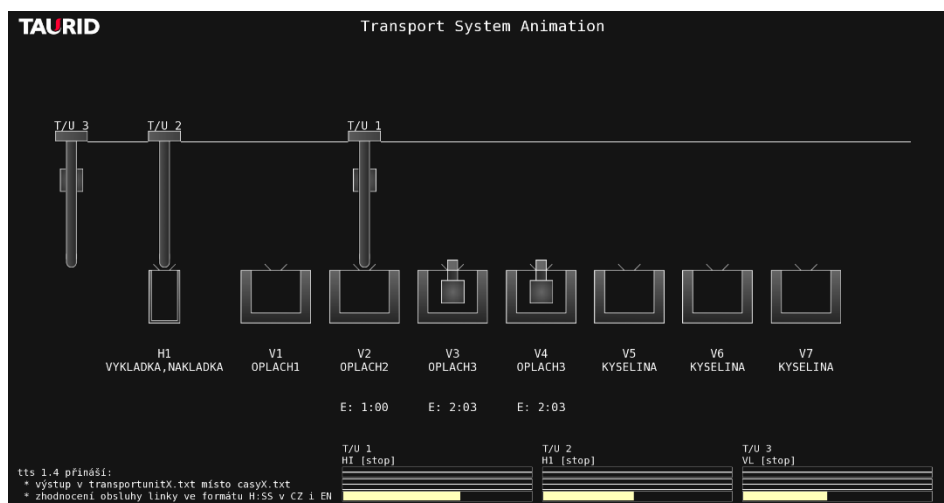
```
[bod] [obr] [h/s] [+h/s] [typ] [exp]
[text]
H1 1 _ _ +hs=150 _ _
"H1/VYKLADKA,NAKLADKA"

V1 0 _ _ e _ _
"V1/VODA1"
V2 0 hs _ _ e _ _
"V2/VODA2"
V3 0 hs _ _ e _ _
"V3/VODA3"
V4 0 hs _ _ e _ _
"V4/VODA3"
V5 0 _ _ e _ _
"V5/KYSELINA"
V6 0 _ _ e _ _
"V6/KYSELINA"
V7 0 _ _ e _ _
"V7/KYSELINA"
```

Obr. 2. Obsah souboru objekty.dat

nazev="T/U 1" start="V2" stav="" osa=0 t_odbr=0.0 t_zabr=0.0 t_zr=1 t_zp=1 v_max=0.3 v_pol=0.0 s_pol=0.0 osa=1 t_odbr=0.0 t_zabr=0.0 t_zr=1 t_zp=1 v_max=0.13333 v_pol=0.0 s_pol=0.0 pozice: V2 stop:60 LO +hs	HI stop:70 V2 # V2 => V1 V1 stop:45 LO -hs V1 # V1 => VN VN stop:290 VN # VN => V4 V4 exp:60;V4 LO +hs HI stop:70 stop:220 V4 # V4 => V2 V2 stop:45 LO -hs V2 # V2 => V7 V7	exp:720;V7 LO +hs HI stop:100 V7 # V7 => V4 V4 stop:45 LO -hs V4 # V4 => V5 V5 exp:720;V5 LO +hs HI stop:100 stop:20 V5 # V5 => V3 V3 stop:45 LO -hs stop:180
--	--	--

Obr. 3. Obsah souboru jerab.dat



Obr. 4 Ukázka programu TSS 1.4 + rozložení výrobní linky

Celý spustitelný program i s nastavenou konfigurací naleznete v příloze: (Příloha VII)

7. Zpracování podkladů pro cenovou nabídku mezipatrové dopravy vozíků

7.1 Teoretický rozbor: postup při realizaci projektu

1. Poptávka

Zákazník sdělí firmě své požadavky, pošle podkladovou dokumentaci či jinou specifikaci. Tato poptávka se zařadí pod jedinečný kód, který zakázku provází celým procesem realizace projektu. Na základě poptávky je poté možné vypracovat cenovou nabídku či způsob řešení.

2. Nabídka

Firma na základě poptávky zpracuje písemně nabídku. V nabídce pak specifikuje předmět, rozsah, technické řešení, cenu, obchodní podmínky, popřípadě jiné náležitosti, které by zákazník požadoval.

3. Objednávka, smlouva o dílo

Pokud zákazník souhlasí s nabídkou, je mu tedy písemně potvrzena objednávka, která obsahuje například dohodnutou cenu, termín dodání, kód obchodního případu. Dále se uzavře se zákazníkem smlouva o dílo, kde jsou specifikovány požadavky a podmínky zákazníka i zhotovitele.

4. Inženýrské služby

V okamžiku přijetí objednávky je jmenován vedoucí zakázky ve shodě s politikou firmy. Tato osoba poté vede realizační tým a odpovídá za celou zakázku. Je také povinna informovat zákazníka o stavu prací.

5. Projekční práce

Splnění těchto kroků vede k tvorbě seznamu veškerých elektrických zařízení (motorová listina) tj. soupiska motorů, snímačů, jištěných vývodů pro externí zařízení... Tato listina je neustále aktualizována podle skutečného stavu. Na základě těchto podkladů projekční oddělení vytvoří dokumentaci v programech CAE ePlan, nebo ve SchemataCAD pro projekty menšího rozsahu. Dokumentace je tvořena ve dvou stupních a to prvním výrobním/montážním a druhém jako skutečný stav zařízení po uvedení do provozu. Tyto dokumenty musí být neustále aktuální.

6. Uživatelský Software

Vývoj softwaru probíhá v úzké spolupráci se zákazníkem. Na základě požadavků zákazníka, kterému je zaslán k odsouhlasení stručný popis řízení a ovládání, a na základě navrženého hardwaru, vznikne program pro řízení dané aplikace. Dále je také tvořeno uživatelské rozhraní (HMI), návod k obsluze a údržbě zařízení. Veškerá problematika se řeší podle standardů Taurid, nebo standardů požadovaných zákazníkem.

7. Dílenská výroba elektrických skříní

Firma disponuje vlastní výrobní dílnou, kde zaměstnává zkušené a proškolené zaměstnance. Zde probíhá kompletace zařízení podle schválené projektové dokumentace. Opět je tady úzká spolupráce s projekčním oddělením, aby byly dodrženy veškeré normy a požadavky, které jsou dány zákonem, nebo zákazníkem. V průběhu výroby také probíhá pravidelná kontrola kvality práce.

8. Inspekce, výstupní zkouška

Elektrické rozvaděče jsou po dokončení výroby připojeny k napájecí síti. Jsou otestovány zodpovědnou osobou, kontroluje se funkce a probíhá testování základních funkcí zařízení. Poté se kontroluje kompatibilita s projektovou dokumentací. Po této výstupní kontrole je na každé zařízení vystaveno prohlášení o shodě a také osvědčení o jakosti a kompletnosti.

9. Montáž u zákazníka

Zde je opět určená osoba, která odpovídá za montáž a komunikaci se zákazníkem přímo na místě realizace. Pracovníci firmy zde realizují již konečný stav zařízení, instalují kabelové vedení a veškerou hardwarovou dispozici

10. Uvedení do provozu

V této fázi se kontrolují veškeré možné situace, které mohou nastat. Kontrolují se jak bezpečnostní prvky, tak samotná funkčnost i extrémní stavy, které mohou nastat. Kontrolují se poruchové stavy, generování poruchových hlášení a ostatní náležitosti. Po kontrole firma vystaví protokol o funkční zkoušce.

11. Školení

Firma následně proškolí obsluhu zákazníka, aby dokázala správně a bezpečně zařízení ovládat. Proškolí také zaměstnance o nutné údržbě a o základních opravách při určitých chybových hlášeních. Součástí školení je také předání tištěného návodu k obsluze a údržbě.

12. Zkušební provoz

Zařízení se testuje ve všech projekčních režimech. Provádí se zátěžové a výkonnostní testy. Probíhají finální úpravy zařízení pro bezchybnou funkčnost.

13. Technická podpora

Firma poté, zvláště v záruční době, zajišťuje technickou podporu, v režimu 24/7. V této době je k dispozici technik, který zákazníkovi ochotně pomůže řešit situaci, se kterou si nedokáže sám poradit.

Při odborné praxi se naskytla příležitost být součástí bodů 2, 4, 5, 6, 7, 8 uvedených výše. Vedoucí si přál, aby bylo absolvováno co nejvíce bodů při tvorbě zakázky, a tím bylo pochopeno, jak v praxi funguje celá koncepce od porízení poptávky po konečné uvedení do provozu.[1.]

7.2 Řešený úkol

Vytvoření podkladů pro tvorbu cenové nabídky, sepsání motorové listiny, návržení řídicího systému.

Zadání:

Zákazník provozuje manipulaci s výrobky na speciálních kolečkových vozíčkách o velikosti cca 600x600 až 1200x2000mm. Tyto vozíky zapojuje do vláčku cca 6m dlouhého a tento vláček táhne elektrický tažný vozík. Jelikož výrobní prostory se nacházejí také ve 2.NP. Zákazník požaduje mezipatrovou dopravu, která by měla kapacitu 60 vozíčků/hodinu.

Zákazník požaduje cenovou nabídku na technické řešení, výkresovou dokumentaci, výrobu rozvaděče, montáž elektroinstalace, software, oživení a výchozí revizi.

Řešení

Z poptávky, kterou zaslal zákazník:(Příloha III) bylo nutno podle popisu zařízení a popisu plánované elektroinstalace vytvořit motorovou listinu, která bude obsahovat počty a druhy snímačů, použité pohony a seznam digitálních vstupů a výstupů, na jejímž základě bylo navrženo vhodné PLC.

Při podrobnějším studování popisu funkce bylo zjištěno mnoho nesrovnalostí. Označení jednotlivých dopravníků v popisu zařízení neodpovídá označení v popisu funkce. Od vedoucího bylo však sděleno, že se nejedná o pokyny k realizaci, nýbrž pouze k orientační cenové nabídce. Proto nyní nemusí být motorová listina zcela přesná.

Po opětovném prostudování a značné úpravě popisu funkce bylo již zřejmé, jakým způsobem dopravníkový systém funguje. Na základě toho bylo možné určit přibližné počty veškerých součástí: (Příloha IV). Jsou zde uvedeny i popisy funkcí jednotlivých motorů a snímačů pro lepší orientaci.

Tento úkol byl jednoduchý, stačilo pouze znát, v jakých případech se využívá indukčních nebo optických čidel. Z určitého pohledu byl úkol ale složitější. Bylo potřeba velmi pozorně projít popis zařízení a uvědomit si, kde při jeho tvorbě vznikly chyby. V praxi tyto situace nejsou nijak ojedinělé a dokonalé podklady k vypracování projektu jsou dodány jen zřídka. Musí následovat vyhodnocení, jestli mohou být informace doplněny z vaší strany, a jaké následky toto doplnění může obnášet.

Sumarizované tabulky

Tab. 1. Počty a druhy snímačů zahrnuté do cenové nabídky

Typ snímače	Počet (ks)
indukční	29
optický	26

Tab. 2. Počty a výkony motorů zahrnuté do cenové nabídky

Výkon motoru (kw)	Počet (ks)
0,55	16
1,1	4
1,5	1
2,2	2
4	1

Tab. 3. Počty potřebných vstupů/výstupů pro výběr typu PLC

Typ vstupu/výstupu	Počet (ks)
DO	15
DI	55
AI	1

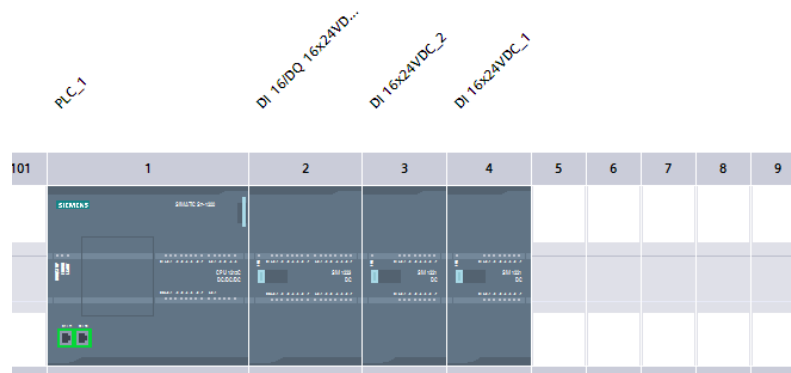
Originální a detailněji vypracované tabulky: (Příloha IV)

Návrh PLC

Na základě počtů vstupů a výstupů byly navrženy dvě varianty sestavy PLC od společnosti SIEMENS. Jedna sestava je založena CPU 1200 (3) a druhá na CPU 1500 (4). Na základě informací, bylo vyhodnoceno, že je zde malá pravděpodobnost budoucího rozšiřování této technologie. Po zhodnocení ekonomické stránky bylo vybráno PLC s CPU 1200. Toto CPU, je pro zařízení dostatečně výkonné a po cenovém porovnání obou modelů viz (Tab. 4. Cenové porovnání navrhovaných modelů PLC) můžu říci, že zde není důvod investovat do většího a vyspělejšího CPU. Po konzultaci s vedoucím byly odsouhlaseny počty snímačů, motorů a zvolené PLC. Tyto informace spolu s cenou projekční a montážní práce byly zahrnuty do cenové nabídky.

Tab. 4. Cenové porovnání navrhovaných modelů PLC [21.]

CPU 1200		CPU1500	
Komponenta	Cena (Kč bez DPH)	Komponenta	Cena (Kč bez DPH)
CPU 1200	14 425,58	CPU 1500	48 027,57
Karta 16x DO, 16xDI	6 186,76	Karta 32x24 di	8 051,52
Karta 16x DI	3904,76	Karta 32x24 di	8 051,52
Karta 16x DI	3904,76	Karta 32x24 do	11 458,12
suma	28 421,86	Karta 4x ai	8 079,81
		Zdroj 24V	12 949,99
		suma	96 618,53



Obr. 5. Hardwarová konfigurace pro navrhovanou sestavu PLC s CPU 1200 vytvořený v programu TIA Portal



Obr. 6. Hardwarová konfigurace pro navrhovanou sestavu PLC s CPU 1500 vytvořený v programu TIA Portal

8. Projektování elektrické části dopravníkového systému pro přepravu karoserií aut výrobním procesem

8.1 Řešený úkol

Dimenzování komponentů dopravníkového systému, návrh vhodného zapojení, návrh technické a prostorové dispozice

Zadání

Vytvořte motorovou listinu všech elektrických zařízení. Na základě vybraných pohonů a jejich výkonů dopravníky seskupte do vhodných skupin. Navrhněte typ motorů a použitých měničů. Dimenzujte a vyberte ostatní potřebné komponenty pro správnou funkčnost zařízení. Dopravníkový systém pak musí odpovídat veškerým platným evropským normám pro elektrická zařízení. Vytvořte ideovou dokumentaci, která bude použita pro schválení stavebního řízení na budovu továrny. Dále vytvořte kompletní výrobní a montážní dokumentaci. Přiložte také schémata jednotlivých sekcí, které jednoduše znázorňují zapojení tohoto rozsáhlého projektu. Dále přiložte schémata rozmístění bezpečnostních prvků s umístěním rozvodných skříní, zapojení motorů a další potřebné. Tyto materiály vypracujte dvojjazyčně. Jedná se totiž o projekt do zahraničí. Česká verze bude sloužit pro výrobu a komunikaci mezi dalšími českými firmami spolupracujícími na tomto projektu. Ruská dokumentace pak bude sloužit k samotné montáži, servisu a samotné práci místních zaměstnanců. V neposlední řadě také místním úřadům pro schválení stavby a provozu.

Řešení

V úvodu by bylo záhodno zmínit, že tento úkol je časově nejnáročnější. Jedná se totiž o velmi rozsáhlý projekt, počet dopravníků využitých k dopravě je 175 o celkovém výkonu 31kW, dále je zde použito 399 čidel pro sledování pohybu karoserií a bezpečnosti. Samotná listina má 1151 prvků a ideová dokumentace obsahuje přibližně 90 stran. Výrobní dokumentace pak obsahuje přibližně 150 stran. O velikosti se také můžete přesvědčit na základě přiložené stavební dokumentace, dále označované jako layout (Příloha V). Na projektu bylo z důvodu rozsáhlosti a zkušeností nutno spolupracovat se zaměstnancem a vedoucím projektu panem Ing. Antonínem Křečkem a také se studentem VŠB-TUO. Tato uvedená čísla popisují pouze aktuální stav projektu k 24. 4. 2017. V tuto dobu bylo nutné skončit s aktualizací hodnot z důvodu zpracování pro tisk bakalářské práce. Prozatímní termín odevzdání dokumentace a zahájení výroby je stanoven na 12. 5. 2017. Na projektu bude pokračováno i po odevzdání bakalářské práce až do jeho dokončení a bylo by potěšením, kdyby bylo nabídnuto se podílet i na výrobě rozvodných skříní, která bude startovat začátkem června.

Základní seznámení s projektem

V této úplně první fázi po uzavření smlouvy byly poskytnuty základní informace strojírenskou firmou, pro kterou je projektová dokumentace zpracovávána. Byly nám poskytnuty aktuální stavební plány technologie, které obsahují výkresy s rozmístěním dopravníků, dále jsme obdrželi seznam použitých dopravníků, stručný popis jejich typu, použité motory pro jejich pohon, seznam snímačů a popis jejich funkce v technologii.

V tomto okamžiku začala práce na technické správě, kterou měl za úkol zpracovat pan Ing. Antonín Křeček. Byly mu poskytnuty protokoly o určení vnějších vlivů ostatních firem, které měly na starost samotnou technologii. Z těchto protokolů bylo určeno prostředí normální, a nebezpečné z hlediska úrazu elektrickým proudem ČSN 33 2000-4-41 ed.2 [5.]. Dále se v přesně určených místech vyskytuje prostředí BE3N2 ZÓNA 2. To znamená, že v tomto prostředí hrozí nebezpečí výbuchu hořlavých plynů a par.

V prostředí normálním nemusíme brát žádný velký ohled na výběr prvků a z hlediska nebezpečí úrazu elektrickým proudem se musíme řídit výše zmíněnou normou. V prostředí výbušném už však musíme dávat pozor při výběru prvků. Tyto prvky musí být speciálně určené do prostředí ATEX.

Jako první prvek bylo nutné vybrat motory dopravníků. Jim se totiž bude přizpůsobovat jak mechanická konstrukce dopravníků, tak následně celý systém jejich napájení a řízení. V této zakázce se vybíralo mezi motory firmy Sev, Nord a Allen-Bradely. V této části práce již bylo známo, že si zákazník vybral motory od firmy Nord.

Jedná se o typ motoru, na který se dá přímo připevnit decentrální měnič frekvence pro jeho ovládání. Jedná se o měnič SK215E[6.][20.]. Tato práce se nebude zabývat problematikou a popisem funkce měničů frekvence. Dále tato zakázka neobsahuje programové řešení řízení. V této části tvorby motorové listiny bude stačit znalost možnosti připevnění přímo k motoru, možnosti ovládat měniče po sběrnici a možnosti zapojit tyto měniče do série. Od tohoto se bude motorová listina odvíjet.

Po ujasnění typů motorů měničů a jejich řízení bylo třeba určit počet a umístění rozvodných skříní. Hala, ve které se bude technologie nacházet, má rozměry 138x60m bylo nutno zvolit počet a umístění rozvaděčů tak, aby nevznikla nutnost mít zbytečně dlouhé kabelové vedení. Při délce kabelů kolem 90m už je nutno kvůli impedančním smyček zvyšovat průřez kabelů či snižování jisticích prvků. Také je nezanedbatelná ekonomická stránka, která úměrně roste vzdáleností periférií od rozvaděče. Z těchto důvodů bylo zvoleno 8 rozvodných skříní umístěných vhodně po technologii. Rozmístění muselo být schvalováno a pevně dáno také z důvodu nutnosti přivedení přípojky k elektrické síti. Elektrická soustava rozvodů bude 3 NPE ~ 50Hz, 380V TN-C-S .

Pro technickou náročnost není možné nebo by bylo velmi obtížné a nákladné, aby ke každému pohonu vedl kabel se samostatným napájením. Proto je také nevýhodné situovat měniče do rozvodné skříně jak je běžnou praxí. Celý systém napájení je koncipován takto. V rozvaděči silový přívod rozdělíme ve svorkovnici na potřebný počet vývodů, ty poté přivedeme na jisticí prvky, které zajistí ochranu automatickým odpojením od zdroje. Výstupy jisticích přivedeme na tlumivky, ty zajišťují ochranu sítě před zpětnými rázy při rozbězích motorů. Z tlumivek pak pokračuje kabel, který vede na určitý pohon. U prvního pohonu je kabel rozdělen, a pokračuje k dalším 2 až 3 pohonům. Toto řešení je v tomto případě mnohem přijatelnější v cenové i prostorové relaci. Ve všech případech to však není realizovatelné. V místech, kde to prostor neumožňuje, je měnič připevněn mimo motor v jeho těsné

blízkosti. Tato koncepce je využívána také, je-li motor umístěn na pohyblivé části zařízení, například u otočných stolů či transferových vozíků.

Z toho vyplývá, že měniče umístěné na zařízeních musí být zvoleny s vyšším krytím (IP 55, 56...). Měníče v rozvodných skříních stačí volit s ochranou IP 20, vyšší ochranu totiž poskytuje rozvodná skříň.

Typy dopravníků

- **Válečkový dopravník**

Jedná se o nejjednodušší typ dopravníku. Zajišťuje pouze horizontální polohování pod neměnným úhlem. Jeho pohon zajišťuje motor o výkonu 0,25kw. Točivý moment se na válečky přenáší obyčejným řetězovým mechanismem. Pro řízení dopravníku jsou použity 1 – 2 indukční čidla přítomnosti IQ40-40NPSKC0K [7.]. Jedno čidlo vždy indikuje přítomnost skidu na určité pozici, druhé čidlo pak indikuje přítomnost skidu před pohyblivou částí dalšího dopravníku. Tato identifikace je důležitá, aby nedošlo k havárii, například sjetím skidu z dopravníku či nárazu do dalšího skidu či částí technologie a tímto nezpůsobilo jak finanční tak, zdravotní škody.

- **Válečkový dopravník rolový**

Tento typ dopravníku se velmi podobá dopravníku válečkovému. Veškeré vlastnosti má stejné. Liší se pouze tím, že se po něm pohybuje obsluha. Na jeho horní straně jsou umístěny plechy, které zakrývají otvory mezi válečky. Po těchto pleších se pak mohou pohybovat osoby. Tyto dopravníky jsou používány v lakovacích kabinách, kde je nutný pohyb osob po dopravníku. Jsou zcela kryty pro minimalizaci možnosti úrazu.

- **Válečkový dopravník s přízdvihem**

Základem tohoto dopravníku je dopravník válečkový, který se již pohybuje ve vertikální ose. Dopravník je již poháněn více motory 1-3 o výkonu 0,25kw pro válečkový dopravník a jedním o výkonu 0,55kw pro pohon zdvihu. Válečkový dopravník má stejné vlastnosti jak je zmíněno výše. Ve vertikální ose se dopravník potřebuje pohybovat pouze o 10cm a to z důvodu převěšování karoserie na jiný typ skidu. Jsou zde použity dva typy, pro část mořírny a pro část lakovny. Zdvih je koncipován tak že motor pohybuje ozubeným hřebenem, na jehož konci otáčí s oválnou součástí. Tato součástka se otáčí o 90° kdy při 0° je dopravník ve spodní pozici a při 90° v té horní. K řízení zdvihu jsou použity 2 primární indukční snímače IME18-08BPSZC0S[8.] které indikují horní a spodní polohu. Dále jsou zde použity 2 bezpečnostní mechanické koncové snímače i110-RA123 [9.] . Ty mají za úkol při selhání jednoho z indukčních čidel zabránit vysunutí ozubeného hřebenu a havárii.

- **Vertikální válečkový dopravník**

Technologie je rozmístěna do dvou pater. V prvním patře jsou umístěny odkládací dopravníky, kde je možnost poslat karoserie například při poruše nebo změně směn a podobně. Dále se zde provádí oprava při zjištění vad na laku a je zde také umístěn vstup a výstup z technologie. V prvním patře se pak nachází celý zbytek technologie, a to mořírna a lakovna. Vertikální válečkový dopravník pak zajišťuje dopravu mezi těmito patry. Válečkový dopravník má opět stejné vlastnosti až na přítomnost brzdy na motoru a zvýšení počtu čidel. Pokud se na dopravník najíždí z obou stran má 4 čidla IQ40-40NPSKC0K [7.] a to z důvodu nutnosti zaujetí přesné pozice skidu na dopravníku, aby se s ním dalo pohybovat po vertikální ose. Z tohoto důvodu je použita i brzda motoru, aby nemohlo dojít k samovolnému pohybu skidu při vertikální dopravě. Princip čidel je takový že skid na dopravník najede rychlostí 12m/min. Dvě čidla na nájezdové straně ho sice registrují, ale řízení neprovádí žádnou akci. Jakmile skid dojede na konec dopravníku a sepne se první čidlo, zpomalí na minimální rychlost, až dojde na poslední čidlo vzdálené 300 mm, úplně se zastaví. Tento princip se používá z důvodu reakční doby PLC a setrvačnosti skidu. Skid nemůžeme při rychlosti 12m/min zastavit na místě, jinak by došlo k sesunutí karoserie a trpěly by i motory a i přes to by se nám na místě zastavit nepodařilo. Proto z využitím rampy, nastavené v měniči, pozvolna zpomalujeme, kdy na posledním čidle si můžeme dovolit zastavit „na místě“. V případě obvyčejného válečkového dopravníku, kdy využíváme jedno čidlo, nepotřebujeme tak přesné polohování proto si můžeme dovolit vzdálenost od sepnutí čidla a nastavení rampy v měniči vypočítat. Z výpočtu zjistíme, kde musíme čidlo umístit, abychom dostali požadovanou polohu skidu na dopravníku. Nyní zpátky k vertikálnímu válečkovému dopravníku. Na pohon zdvihu je použit 4kW motor, měnič tohoto motoru je jako jediný umístěn v rozvodné skříni, a to kvůli rozměrům, krytí a z toho vyplývající ekonomičtější stránce. Motor je opět opatřen brzdou. Pro řízení zdvihu je použit absolutní enkodér AFM60A-BDNB018X12 [10.]. Toto čidlo je pak jištěno indukčními čidly IME18-08BPSZC0S [8.] na horní a spodní poloze. Zdvih dále obsahuje dvojici mechanických koncových snímačů i110-RA123 [9.] . Jestliže selže veškeré řízení a zdvih se dostane na jednu z těchto havarijních poloh, provede se vypnutí pohonu pomocí nouzového zastavení.

- **Nepoháněný válečkový dopravník**

Jak již název napovídá, jedná se o válečkový dopravník, který je popsán výše. Pouze s tím rozdílem, že není opatřen pohonem. V aktuálním zadání bude sloužit pro manuální posunování karoserií. Z těchto dopravníků se však v budoucnu stanou plnohodnotné válečkové dopravníky. Proto v projektové dokumentaci bude s těmito dopravníky nakládáno jako s plnohodnotnými válečkovými dopravníky.

- **Válečkový dopravník točna**

Jedná se opět o kombinaci základního válečkového dopravníku, který se však natáčí v horizontální ose a slouží proto jako určitá křižovatka dopravníků. Válečkový dopravník je opatřen motorem o výkonu 0,25kw, motor natáčení pak disponuje výkonem 0,37kw. Dále jsou rozlišeny dva typy válečkového dopravníku točny. První typ zajišťuje otáčení o 90°. Tento typ je použit jako rohový dopravník. Nevyužívá se jako křižovatka, ale pouze pro zatočení skidu. V tomto případě by totiž použití válečkových zatáček bylo velmi problematické. Skid je dlouhý a pevný, nahrazuje totiž

podvozek auta. Zatačka by musela být pod velmi velkým úhlem a zabírala by hodně prostoru. Proto se využívá prostorově úspornější varianty změny směru, a to válečkovým dopravníkem točnou. Dalším typem je dopravník, který se natáčí o 180°. Tyto dopravníky již slouží jako křižovatky pro různé změny směru nebo pro otáčení skidu, aby se pohyboval po dopravnících vždy přední stranou napřed. U obou typů válečkových dopravníků s točnou zajišťuje otáčivý pohyb motor umístěný uprostřed na pevné části konstrukce. Motor má na hřídeli připevněno ozubené kolo, které přenáší pohyb na obruč s vnitřním ozubením, to je připevněno k pohyblivé části dopravníku. Napájecí a signálové vedení je vedeno v kabelovém žlabu. Válečkový dopravník se netočí více než o 180°, takže nemůže dojít k mechanickému poškození kabelů. Kdyby bylo potřeba otáčet dopravníkem dokola, bylo by nutné zvolit jiný druh přenosu energie a signálů. Například nějakými kartáči a sběrníci na nepohyblivé části dopravníku či nějaké podobné řešení. Při řízení bylo opět nutno použít přesný princip zastavování jako u vertikálního válečkového dopravníku. To znamená dvojice čidel vzdálených 30mm, kde při indikaci na prvním čidle začne motor zpomalovat až po zastavení na druhém čidle. Dopravníky jsou proto vybaveny 3 čidly IQ40-40NPSKC0K [7.] pro najíždění z jedné strany, třetí čidlo slouží jako přítomnostní. Nebo 4 těmito čidly pro najíždění z obou stran, kde jedna dvojice čidel obstarává pouze přítomnostní funkci. Řízení točny je řešeno stejně pomocí dvojice čidel IME18-08BPSZC0S [8.] pro každou pozici otočení. Zde je kladen obzvláště důraz na přesnost, aby nedocházelo ke špatnému natáčení a narážení skidu do konstrukce navazujícího dopravníku. V horším případě až ke sjetí skidu z dopravníku. Je zde využito také mechanických nárazníků všude tam, kde to možnosti dovolují, aby nedošlo již ke zmíněnému sjetí skidu z dopravníku.

- **Transferový vozík s válečkovým dopravníkem**

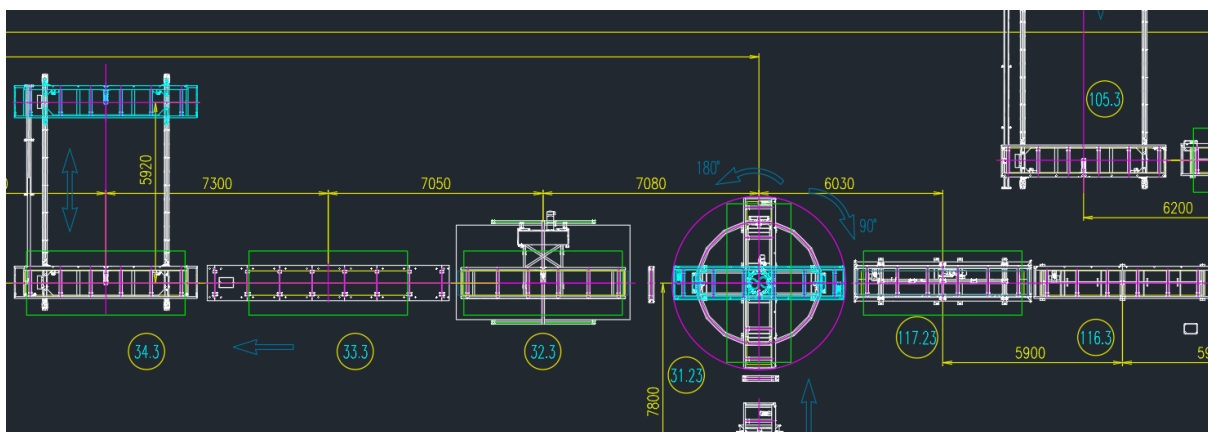
Tento typ dopravníku je nejpohyblivější, jedná se o obyčejný válečkový dopravník, který je umístěn na kolejnice, po kterých se může pohybovat a tím přesouvat skidy mezi jednotlivými řadami dopravníků. Pohon dopravníku zajišťuje motor o výkonu 0,25kw. O jízdu po kolejnicích se starají 2 motory o výkonu 0,25kw. Z důvodu nutnosti synchronizace obou motorů jsou řízeny společně jedním frekvenčním měničem. Řízení je opět nutné velmi přesné. Na válečkovém dopravníku je použit stejný systém jako na válečkovém dopravníku točny 3 -4 čidla IQ40-40NPSKC0K [7.]. Napájecí a signálové vedení je na tento dopravník nutno přivést přes kabelový řetěz. Dopravníky se pohybují až v rozmezí desítek metrů. Bez kabelového řetězu se proto neobejdeme. Pohyb dopravníku po kolejnicích je řízen opět dvojicí čidel IME18-08BPSZC0S[8.] pro každou pozici zastavení. V jednom případě můžeme najít dva transferové vozíky s válečkovými dopravníky, jejichž kolejnice se překrývají. Zde je nutné řešit bezpečnost, aby nedošlo k jejich srážce. Toto řeší snímač vzdálenosti DS50-P1112 [11.] který je umístěn na jednom s dopravníků. Když se k sobě dopravníky přiblíží více jak na nastavenou hodnotu, jsou automaticky vypnuty. Toto by se ovšem nemělo stávat, program v PLC by měl obsahovat takový algoritmus, aby se vozíky vždy vyhnuly. Toto čidlo je pak poslední záchrana, když dojde k nějaké chybě a vozíky se nevyhnou.

V technologii se nacházejí ještě další varianty těchto dopravníků. Ve výrobním procesu se nacházejí dvě netypická prostředí, První prostředí je se zvýšeným nebezpečím výbuchu. Jestliže se dopravník nachází v tomto prostředí, má za svým jménem či zkratkou dodatek: EX. Druhým prostředím nacházejícím se v technologii je vysoká teplota 200°C. Jestliže se dopravník nachází v tomto prostředí má za svým jménem či zkratkou dodatek: 200°C.

V příložených materiálech se můžeme často setkat se zkratkami výše uvedených dopravníků, proto jsou uvedeny v následující tabulce. V tabulce je také uvedeno početní zastoupení typů dopravníků v technologii.

Tab. 5. Tabulka typů dopravníků, jejich zkratky a počty

Název dopravníku	Zkratka	Počet
Válečkový dopravník	VD	59
Válečkový dopravník (prostředí 200°C)	VD 200°C	12
Válečkový dopravník (prostředí EX)	VD EX	1
Válečkový dopravník rolkový	VDR	22
Válečkový dopravník rolkový (prostředí EX)	VDR EX	8
Válečkový dopravník s přízdvihem	VDP	2
Vertikální válečkový dopravník	VED	4
Nepoháněný válečkový dopravník	NVD	6
Válečkový dopravník točna	VDT	8
Válečkový dopravník točna (prostředí EX)	VDT EX	1
Transferový vozík s válečkovým dopravníkem	TVVD	8
Transferový vozík s válečkovým dopravníkem (prostředí EX)	TVVD EX	1



Obr. 7. Výřez malé části z výkresové dokumentace pro ukázkou typů dopravníků

Tab. 6. Tabulka typů dopravníků vztahující se k obrázku výše

Typ dopravníku	Číslo dopravníku
Válečkový dopravník	116.3
Válečkový dopravník rolkový	33.3
Válečkový dopravník s přízdvihem	117.23
Vertikální válečkový dopravník	32.3
Válečkový dopravník točna	31.23
Transferový vozík s válečkovým dopravníkem	34.3

1. Fáze – Tvorba motorové listiny

Po ujasnění těchto informací bylo potřeba vytvořit seznam veškerých použitých elektrických zařízení na základě layoutu a seznamu dopravníků s číslem, výkonem a stručným popisem funkce snímačů. Tento soubor se dále v textu bude nazývat motorová listina a naleznete ji v příloze: Příloha VI.

Značení komponent

Značení komponent bylo zčásti určeno zákazníkem, a to první číslo =3. Toto číslo označuje část technologie, ve které se zařízení nachází. Na lakovnu, jejíž dopravníkový systém realizujeme, navazuje dále montovna a předchází ji svařovna. Proto chce zákazník označovat elektrické zařízení určitým číslem technologie. Jestliže jsou komponenty umístěny v rozvodné skříni, následuje +, jestliže ne, poté -. Pokud se dá zařízení spojit s číslem dopravníku je, tak učiněno. Dále následuje označení komponentů dle platné normy ČSN EN 81346-1[22.] Poslední číslo rozlišuje zařízení, jestliže předchozí informace je totožná.

Nejprve bylo nutné rozdělit motory do sekcí po maximálně čtyřech motorech. Počet 4 motorů v sekci je dán výrobcem měničů. Tyto sekce jsou číslovány 1-59. Sekce jsou vytvořeny s ohledem na umístění, funkci a vzdálenosti od svého hlavního rozvaděče. Každá sekce patří pod jeden z 8 rozvaděčů. Při umísťování do skupin byl každý pohon označen svým jedinečným číslem, jeho tvorba je popsána výše, pohony mají dle normy označení MA. Ke každému dílčímu motoru byla také doplněna informace o typu komponenty pro následnou lepší práci s tabulkou, výkon motoru, jestli je z prostorových či funkčních důvodů měnič umístěn na nebo v těsné blízkosti motoru, vzdálenost motoru od rozvaděče, případně předchozího měniče a prostředí, ve kterém se motor nachází.

Další informace uvedené v motorové listině se týkají snímačů. Počty snímačů a jejich přibližnou funkci sdělila strojírenská firma. Označení snímačů je opět stejné jako výše uvedené, snímače mají dle normy označení BG. Snímače byly přiděleny jednotlivým pohonům, které se na základě z nich získaných informací budou dát ovládat. Je zde popsána stručná funkce snímače, jejich výrobce, typ, prostředí a nároky na přesnost.

První motorová listina obsahovala pouze tyto informace. Postupem času při řešení projekční činnosti se rozšiřovala o další části, které budou popsány v následujících kapitolách. Ale už v této části motorová listina obsahovala 574 položek. Jen nad touto listinou byla strávena skoro polovina času a to také z důvodu neustálých změn zákazníkem a vzniku nových požadavků na řešení.

2. Fáze – Tvorba ideové dokumentace

V mezičasech úprav motorové listiny byla tvořena ideová dokumentace. Dokumentaci požadoval zákazník a to kvůli nutnosti doložit odhadovaný výkon a ideovou koncepci řešení, aby mohl dostat stavební povolení pro komplex hal. Dále tím získat informace, které musí zohlednit při stavbě jako například příklady elektrické sítě.

Ideová dokumentace obsahuje kompletní zapojení, ale pouze v jednopólových schématech. Podle těchto schémat by montéři těžko vyráběli nebo zprovožňovali technologii. Je využitelná pouze pro představu koncepce.

Tímto krokem začíná projekční činnost. Ideová dokumentace se tvoří v programu EPLAN electric P8 2.3. Nejprve bylo nutné vytvořit určitou formu, jakou se bude dokumentace zpracovávat. Ta byla

poskytnuta nadřízeným projektantem. Předloha obsahovala pár listů s řešením přívodního kabelu, jeho jištěním, dále koncepce řešení ovládacího napětí a rozkreslená jedna sekce dopravníků.

Prvním krokem bylo spočítání výkonu v jednotlivých rozvaděčích za pomoci vytvořené motorové listiny. Na základě těchto výkonů se následně dimenzuje hlavní jištění. Tyto výkony můžete nalézt v následující tabulce.

Tab. 7. Instalované výkony v jednotlivých rozvodných skříních

Označení rozvaděče	Výkon (kW)
=3-WC1	9,49
=3-WC2	9
=3-WC3	6
=3-WC4	2,5
=3-WC5	6,36
=3-WC6	5,87
=3-WC7	11,34
=3-WC8	11,87

Z tohoto výkonu vypočítáme proud, který zařízení odebírá. Pro výpočet bychom měli využít následujícího vzorce (1.1).

$$P = \sqrt{3} * U * I * \cos(\varphi) \quad (1.1)$$

Můžeme také volit způsob sečtení jmenovitých proudů, které zjistíme na štítcích zařízení, nebo v jejich technických dokumentacích.

Hlavní projektantem bylo k výše zmíněnému vztahu sděleno, že v praxi není vždy úplně jednoduché zjistit účinník. Proto se využívá jednoduchého pravidla, že v soustavě 3 NPE ~ 50Hz, 380V TN-C-S se jmenovitý proud rovná přibližně dvojnásobku výkonu. Když nyní vezmeme rozvaděč s nejvyšším výkonem 11,87kW vyjde nám jmenovitý proud 23,74A.

Hlavní jištění vybíráme s ohledem na to, že při spuštění motoru do dosažení jmenovitých otáček má motor proudový odběr až 7x vyšší než je jeho jmenovitý odběr po dobu přibližně 5s. Nejvýkonnější motor v tomto projektu je motor zdviže, který má 4kW. Kdybychom motor spouštěli obyčejným stykačem, museli bychom volit hlavní jištění s takovou charakteristikou, aby nevybavila jistič po dobu alespoň 5s při proudu 40A.

Toto však není náš případ. Motory spouští frekvenční měniče, které zajistí plynulý rozběh a s tím i plynulý nárůst proudu. Nedochází ke skokovému několikanásobnému překročení jmenovitého proudu. Proto by pro uvažovaný rozvaděč s proudem 23,74A stačilo hlavní jištění 32A s charakteristikou gG, s malou rezervou pro navýšení výkonu.

Jestliže se však podíváte do projektové dokumentace, naleznete přívodní jištění dimenzované na 63A. Je to z důvodu, že zákazník chtěl vědět tyto informace úplně na počátku, aby mohl zahájit stavbu výrobní haly s ohledem na elektrickou přípojku. V této době neexistoval ještě žádný podkladový

materiál, na jejímž základě by se toto dalo určit. Došlo proto k tomu, že přívodní jištění je dvojnásobně předimenzováno. To však není špatné řešení, jedná se pouze o méně ekonomické řešení.

S tímto jde v ruku v ruce vytipování stykačů pro nouzové zastavení či zastavení na povel obsluhy. Bylo nutno je zvolit s ohledem na vstupní jištění. Proto byly zvoleny pro vypínací výkon 30kW.

Stejný princip, jaký je popsán výše, je uplatněn i při volbě jističů pro každou sekci. Jenže v tomto případě je nutno zohlednit ještě další parametry, než vypínací a zapínací schopnost jističe.

Musí být zajištěna selektivita jištění. To znamená, že nadřazený jističí prvek musí mít vypínací proud menší minimálně o násobek 1,6. Tímto zajistíme, že při výskytu poruchy v části rozvodu jištěným selektivním jištěním se odpojí pouze tato část a nedojde k přerušení dodávky elektrického proudu pro všechny části rozvodu. Jestliže není selektivita zajištěna, je nutné se vrátit zpět k hlavnímu jištění a předimenzovat jej tak, aby zajištěna byla. Toto platí i u hlavního vypínače, ale přívodní vedení se dimenzuje již na základě informací o budoucím umístěném výkonu, takže hlavní jištění nesplňuje selektivitu jen výjimečně.

V tomto případě opět může vypadat, že došlo k předimenzování. Avšak u těchto jističů je zvolená velikost nutná. Jističe musí být voleny podle předpisů výrobce měniče. Měníče totiž po zapnutí napájení vytváří proudové špičky, které menší než stanovený jistič mohou vybavit. To je způsobeno počátečním nabíjením kondenzátorů umístěných v měniči. Jistič je volen s vypínací charakteristikou typu C, určené pro jištění motorů. Tato charakteristika dovoluje určité časově omezené překročení vypínacího proudu při rozběhu motoru. Informace byly čerpány z příručky elektrikáře od firmy OEZ [12.] . Také pro veškeré jištění v síti 380V TN-C-S se v tomto projektu používají prvky od české firmy OEZ.

Jako další prvek bylo nutno vytipovat měniče a tlumivky. Typy motorů a měničů Nord nám dodala strojírenská firma. Typ měniče je SK215E[6.][20.]. Na základě výkonu motoru byl zvolen vždy měnič příslušné řady, který výkonově odpovídal motoru. Pro výkonově slabší motory byl zvolen měnič pro výkony do 0,55kW. Tento výkon přesahovaly pouze motory vertikálních válečkových dopravníků se 4kW. Pro tyto motory byly vytipovány měniče do 4kW. Tlumivky byly voleny od stejného výrobce. Byly dimenzovány na základě výkonu měničů v sekci. Tyto výkony se již liší, byly voleny tlumivky 0,5-2,2kW; 3,0-4,5kW; 5,5-7,5kW. Tlumivky mají za úkol eliminovat poměr vyšších harmonických, které měniče při svém provozu posílají zpět do sítě.

Další důležitou součástí rozvodné skříně je zdroj ovládacího napětí. V tomto případě se jednalo o jednofázový zdroj 24V DC od firmy Siemens řady SITOP[13.] . Každá rozvodná skříň obsahuje 2 tyto zdroje: jeden je určen pro napájení měničů a snímačů, druhý pak pro napájení PLC. Zdroj pro napájení měničů a snímačů byl volen na základě sečtení proudového odběru veškerých měničů a snímačů, které jsou do rozvodné skříně připojeny. Z katalogových listů bylo zjištěno, že frekvenční měnič má na soustavě 24V DC PELV proudový odběr 200mA, bus interface, která bude zmíněna později 100mA, a unifikovaná hodnota u snímačů 30mA. Proudový odběr 24V DC vyšel u prvních dvou rozvodných skříní kolem 3A. V těchto případech byl vytipován 10A zdroj. V ostatních rozvodných skříních se pohybuje proudový odběr 24V DC kolem 10A, v těchto případech byl volen zdroj s hodnotou proudu 20A. Ovládací napětí se často doplňuje o snímače, zařízení a podobně, je důležité počítat s dostatečnou proudovou rezervou. U zdroje napájení PLC se postupovalo úplně stejně. Byly vyhledány proudové odběry PLC et200sp od firmy Siemens. Tyto hodnoty jsou však velmi malé. Největší odběr má samotné

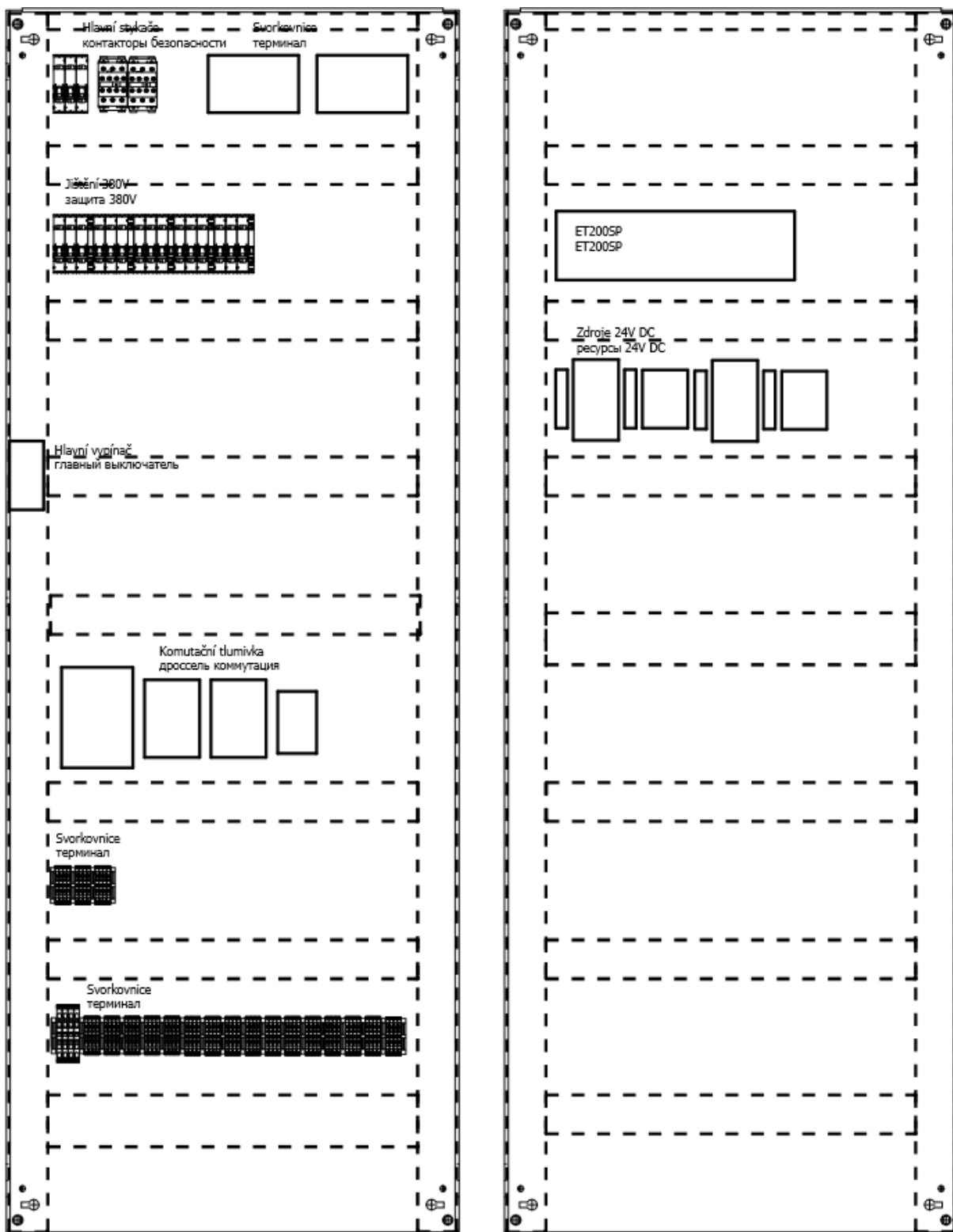
CPU 0,45A, jednotlivé karty pak kolem 0,05A. Celkový proud se v každém rozvaděči pohybuje kolem 1A proto byl zvolen 5A zdroj. V případě většího počtu snímačů napájených z tohoto zdroje, či karet PLC. Bude nejspíš potřeba volit zdroje s větším výstupním proudem. Nyní je však projekce PLC na počátku a toto stále není zřejmé. Jištění je řešeno stejně jako u napájení 24V DC pro jednotlivé sekce. O samotném PLC bude zmínka níže. Všechny hodnoty jsou uvedeny v motorové listině, na listu rozvaděče souhrn DI DO tu najdete v příloze: (Příloha VI). Zdroje jsou od sebe odděleny z důvodu zajištění vyšší spolehlivosti zajištěním nezávislosti mezi řízením a napájením měničů.

S tímto zdrojem souvisí také jistící prvky. Výstup zdroje je chráněn jističem dimenzovaným na jmenovitý proud zdroje. Jistič chrání zdroj před přetížením. Aby byla zajištěna selektivita, je nutné přidat další jištění. To je zajištěno moduly Mico 4.6 [14.] od firmy Murr elektronik. Jedná se o speciální prvek pro jištění stejnosměrných ovládacích obvodů. Jeden modul obsahuje 4 jištěné výstupy, na kterých je možné nastavit vybavovací proud mezi 1-2-4-6A. Dále prvek obsahuje sérii spínacích kontaktů pro indikaci vybaveného jističe a dále piny pro vzdálené resetování. Velkou výhodou tohoto zařízení je hlavně rychlost odpojení při vzniku poruchy. Obvyčejné jističe nejsou schopny zareagovat na poruchu tak rychle a často při poruše dochází k vybavení ochrany samotného zdroje, a přerušení tak celého ovládacího napájení. V tomto případě je to velmi výhodné, že při poruše vybaví pouze jediná sekce a u zbylých bude napájení zachováno.

Zdroje ovládacího napájení jsou připojeny přes záložní zdroj UPS.

Ke kompletaci zařízení chybí zmínit PLC. To však nebylo součástí jednopólové části dokumentace. O PLC proběhne zmínka v samostatné podkapitole ke konci tohoto úkolu. Taktéž s ostatními zatím nezmiňnými zařízeními.

Rozvodná skříň byla zvolena s rozměry 1600x2100x400 mm (š x v x h).



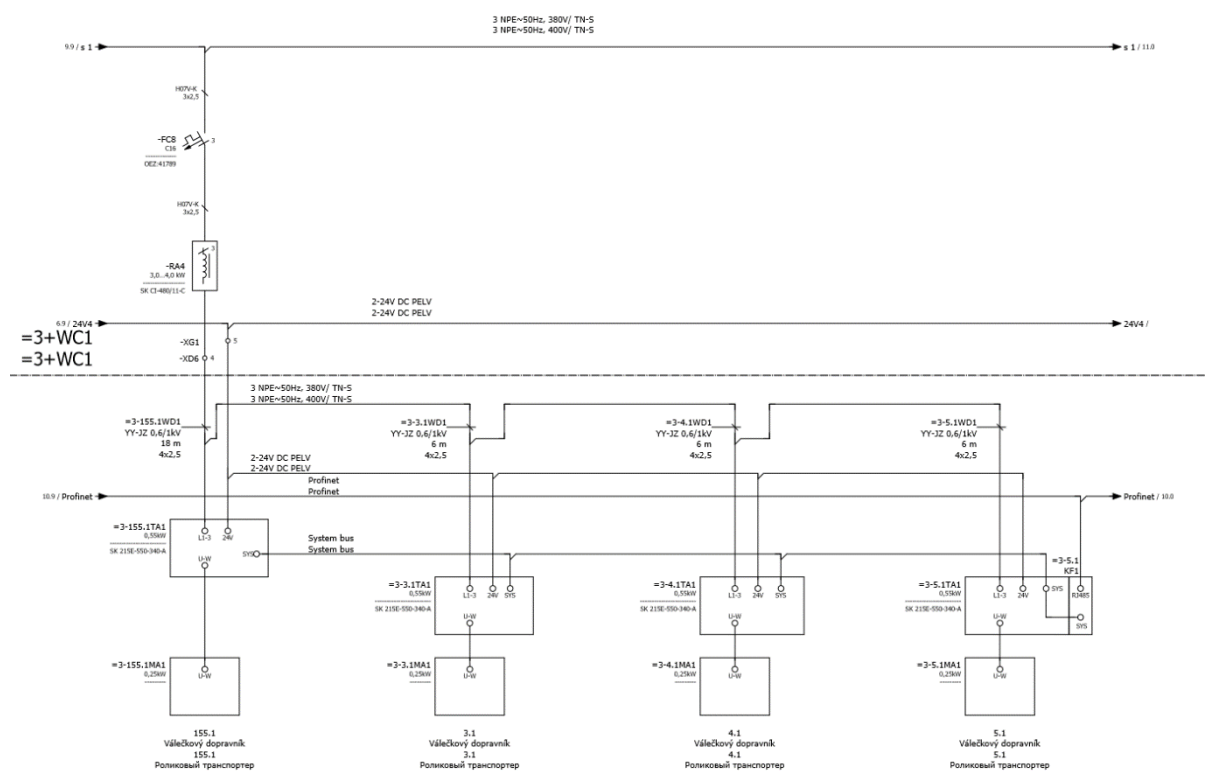
Obr. 8. Aktuální dispozice rozvodné skříně WC1

Umístění prvků v rozvodné skříně je zase postaveno selektivně. Od přívodních svorek umístěných v dolní části pokračuje napájení na hlavní vypínač umístěný na boku rozvaděče. Od hlavního vypínače pokračuje napájení na hlavní jistič a stykače nouzového zastavení v horní části. Také pak na modulární

rozbočovači svorkovnici Legrand 125A [14.] . Byl zvolen takový typ a to z důvodu potřeby fyzické velikosti, ne s ohledem na maximální proud. V tomto vícenásobně převyšuje potřebu. Ze svorkovnice napájení dále pokračuje na jistící prvky sekci, na tlumivky následně výstupní svorkovnici. Napájení 24V DC je vyřešeno jednořadým umístěním. Zde není selektivita umístění zcela nutná, spíše nežádoucí pro co největší úsporu místa a selektivita se naplno nevyužije jako u silnoproudého zapojení.

Velké množství prázdného místa je způsobeno absencí některých prvků, projekt stále není zcela hotový. Do silnoproudého rozvaděče patří ještě dokreslit dva měniče frekvence od vertikálního válečkového dopravníku. Ve slaboproudé sekci (pravá část rozvodné skříně) chybí celá svorkovnice pro vstupy a výstupy. Svorkovnice bude zabírat přibližně polovinu rozvodné skříně.

Výstupem této části bylo již několikrát zmíněné jednopólové zapojení základních komponentů. Motory, měniče, tlumivky, napájení a podobně. Tento výstup je součástí výrobní dokumentace. Každá rozvodná skříň má vlastní dokumentaci a Ideová dokumentace vždy předchází tu výrobní. Nachází v příloze Ideová + výrobní dokumentace:(Příloha VIII).



Obr. 9. Ukázka jedné strany ideové dokumentace sekce 4 rozvaděč WC1

3. Fáze – Tvorba liniových schémat

Tato fáze přišla z důvodu velkého množství informací, které bylo nutné zpracovat. Dalším podnětem pro vytvoření liniových schémat byla samotná montáž. Firma zajišťuje dozor nad montáží, avšak montážní pracovníci budou z ruskojazyčné země. Tato schémata výrazně usnadní komunikaci. Na liniovém schématu je zobrazená celá sekce na formátu A4. Graficky jsou znázorněny jednotlivé komponenty a to měniče i s vývodkami, motory, bus interface, přechodové skříně, snímače a kabely. Všechno je přehledně popsáno a barevně rozlišeno tak, aby se v tom dokázal orientovat opravdu kdokoli.

V této fázi také proběhlo vytipování kabelů. Kabely, s nijak zvlášť přísnými požadavky na ohyb, byly voleny od firmy dda [16.].

Začneme s vytipováním kabelu pro silový přívod k měniči frekvence. Ten byl zvolen jako YY-JZ 0,6/1kV. Jedná se o kabel sloužící pro měřicí a ovládací účely v různých odvětvích průmyslu. Tento kabel obsahuje zelenožlutou zemnicí žílu a ostatní žíly jsou značeny černou barvou s číselným popisem žil.

Další silový kabel je veden z výstupu měniče frekvence přímo do motoru. Tento kabel musíme volit stíněný, aby nedocházelo k ovlivňování přesné přenášené frekvence. Proto byl zvolen kabel 2YSLCYK-J 0,6/1kV. Tento typ kabelu je přímo určen k frekvenčním měničům. Obsahuje dvojité stínění, EMC. Značení vodičů je černá, hnědá, šedá, zelenožlutá.

Poslední typ použitého silového kabelu je určen do kabelových řetězců. Je použit všude tam, kde je potřeba zajistit napájení motorů na pohyblivé části. Pro tyto účely byly voleny kabely od firmy igus [17.] , která se zaměřuje na výrobu kabelů pro velké mechanické namáhání. Byl vybrán stíněný servo kabel CF210.UL. Ten kromě žil pro napájení motoru obsahuje také žíly pro připojení brzdy motoru. Veškeré dopravníky s pohyblivou částí jsou opatřeny brzdou z důvodu bezpečnosti.

Následuje volba kabelů pro stejnosměrné napájení 24V DC. Jak pro napájení, tak pro přenos signálů čidel mezi přechodovými skříněmi a rozvaděčem byl použit kabely YY-JZ, YY-OZ. Jedná se o stejný typ kabelu, pouze OZ znamená, že kabel neobsahuje zelenožlutý zemnicí vodič. Jedná se o ovládací kabely s černými žílami značenými čísly případně se zelenožlutým zemnicím vodičem.


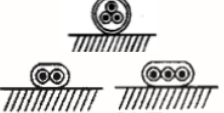
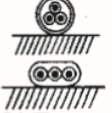
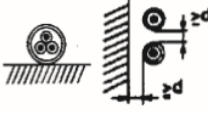
Kabely pro digitální snímače jsou voleny typu LiYY. Pro analogové snímače opět stíněná alternativa LiYCY. Jedná se o datové a ovládací kabely, které jsou značeny pomocí barev určených příslušnou normou. V EX prostředí jsou voleny jejich alternativy, jen přizpůsobené do výbušného prostředí. To jsou kabely LiYY-BL nestíněný a LiYCY-BL stíněný.

V kabelových řetězcích se opět využívají kabely od společnosti igus a to typ CF5 a stíněný CF6. Stíněné kabely se mezi snímači objevují v projektu převážně kvůli analogovým ptc čidlům.

Pro komunikaci mezi měniči jsou využívány dva typy kabelů. Pro komunikaci profinet je využit kabel, který je pro tuto komunikaci přesně určen. Pro komunikaci CAN mezi měniči se využívá CAN-Bus-Cable také výhradně určen pro tento typ komunikace.

Takto zkráceně k voleným typům kabelů. Jestliže je potřeba jistit bližší technické specifikace jednotlivých typů kabelů, využijte katalog firmy dda nebo igus [16.][17.] .

Jestliže je jasno v typech kabelů, přejdeme k dimenzování jejich průřezu. Průřezy kabelů určíme nejprve na základě následující tabulky dle maximálního proudu pro daný průřez vodiče.

Kabely nebo kategorie kabelů						
	A Jednožilové kabely <ul style="list-style-type: none"> • pryžová izolace • PVC izolace • TPE izolace • teplotně odolné 	B Vícežilové kabely pro domácí spotřebiče a ruční přístroje <ul style="list-style-type: none"> • pryžová izolace • PVC izolace • TPE izolace 		C Vícežilové kabely kromě domácích spotřebičů a ručních <ul style="list-style-type: none"> • pryžová izolace • PVC izolace • TPE-izolace • teplotně odolné 	D Vícežilové těžké pryžové kabely $\geq 0,6/1$ kV Jednožilové speciální pryžové kabely 0,6/1 kV nebo 1,8/3 kV	
Způsob uložení						
Počet zatížených žil	1 ³⁾	2	3	2 nebo 3	3	1 ³⁾
Jmenovitý průřez mm ²	Zatížitelnost A		Zatížitelnost A		Zatížitelnost A	
0,08 ¹⁾	3		-		2	
0,14 ¹⁾	4,5		-		3	
0,25 ¹⁾	7		-		4,5	
0,34 ¹⁾	8		-		5	
0,5	12 ²⁾		3		9 ²⁾	
0,75	15		6		12	
1,0	19		10		15	
1,5	24		16		18	
2,5	32		25		26	
4	42		32		34	

Obr. 10. Tabulka maximálního proudového zatížení kabelů [18.]

Dále je nutné ověřit hodnotu impedanční smyčky pro bezpečné fungování ochrany automatickým odpojením od zdroje. Toto je provedeno na základě další tabulky. V tomto projektu se vyskytlo mnoho situací, kdy musel být snížen jistící prvek, případně povýšen průřez vodiče, aby byla impedanční smyčka dodržena. Z důvodu rozsáhlosti jsou některé kabely dlouhé až kolem 90m. Při takové délce kabelů je nutné si hodnoty impedančních smyček hlídat.

TAB. 15: MAXIMÁLNÍ DÉLKY L [M] CU VEDENÍ Z HLEDISKA OCHRANY SAMOČINNÝM ODPOJENÍM V TN SÍTÍCH 230/400 V JIŠTĚNÝCH JISTIČI LSE, LSN A LST S CHARAKTERISTIKOU C

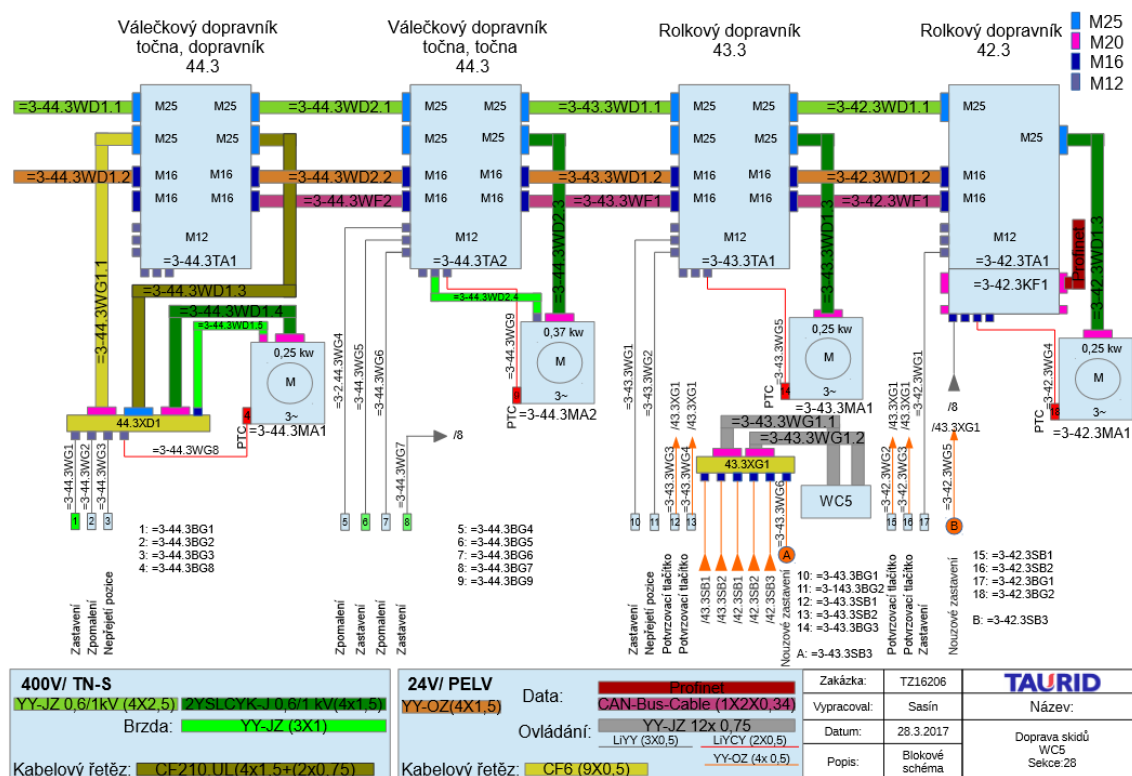
Průřez vodiče vedení [mm ²]	Jmenovitý proud jističe [A]															
	2	4	6	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125
1	170	85	56	42	34	25										
1,5		128	85	64	55	39	31									
2,5			141	106	85	65	53	42	34							
4					136	109	85	68	54	42						
6						157	127	102	81	64	55					
10								170	136	106	80	68				
16									218	170	136	109	86	68		
25 + 16										207	166	133	105	83	66	
35 + 16											186	149	122	89	74	60
50 + 25												226	180	137	114	91
70 + 35													253	199	159	127
95 + 50														278	223	178
120 + 50															301	242

Obr. 11. Tabulka maximální délky kabelů v závislosti na impedanční smyčce [12.]

Všechny tyto skutečnosti byly při projektování zohledněny a bylo s nimi počítáno. Hodnoty byly také ověřeny programem Sichr [19.] od firmy OEZ. Tento program slouží pro kontrolu a návrh paprskových sítí.

Typy kabelů a jejich průřez lze najít stručně v liniových schématech (Příloha VIII), a také ve výrobní dokumentaci Příloha VIII. Ta však ještě není zcela dokončena. Tabulkové přiřazení typů kabelů k funkcím v projektu a základní informace o nich lze nalézt v motorové listině na listu Kabely v příloze (Příloha VI).

Tato fáze byla zdlouhavá a oddalovala tvorbu výrobní dokumentace. Ale byl to správný krok, nyní je naprosto jasné jakým způsobem kreslit výrobní dokumentaci. Objevilo se mnoho nejasností, které by se přímým projektováním v projekčním programu EPLAN nemusely vůbec objevit. Liniová schémata jsou kreslena v programu LibreOffice a jsou umístěna v příloze liniová schémata:(Příloha IX).



Obr. 12. Ukázka stránky liniového schématu sekce 28 rozvaděč WC5

4. Fáze – Tvorba výrobní dokumentace

V tuto chvíli vzniká na základě liniových schémat a jednopólového zapojení výrobní dokumentace. Tato dokumentace obsahuje již detailní zapojení jednotlivých prvků technologie. Je zde detailně rozkreslen každý měnič s kompletní svorkovnicí, řešení řídicího systému, bezpečnostního řídicího systému, napájení a tak dále.

V této části se pracuje nejvíce s dokumentací jednotlivých prvků pro zjištění potřebných informací, které popisují funkci jednotlivých vstupů a výstupů všech zařízení. Na základě nich probíhá tvorba dokumentace. Tato fáze je koncová a je hlavním výstupem celého projektu. V tuto chvíli však není kompletně dokončena. Je k dispozici v příloze:(Příloha VIII) spolu s ideovou dokumentací.

5. Fáze – Dodatky k montážní dokumentaci

Spolu s prací na dokumentacích vzniklo množství dalších podkladů pro samotnou montáž. Vznikl soubor schémat pro řešení kabelových tras u typizovaných dopravníků, který je součástí přílohy: (Příloha X). Následně také layout s rozmístěním bezpečnostních prvků :(Příloha XI).

Řízení

Obsahem této zakázky není samotné řízení dopravníků. Řízení obstarává firma, která řídí celou technologii lakování. Bylo důležité, aby byly firmou dodány podklady, podle kterých bychom se mohli řídit při navrhování PLC či řízení bezpečnosti.

Bylo nám sděleno, že při řízení bude využito konceptu decentralních modulárních periférií et200sp od společnosti Siemens. Tyto moduly budou obsahovat jak řídicí karty, tak karty bezpečnostního vypnutí.

Firmou, starající se o řízení, byl poskytnut dokument určující typy karet pro digitální vstupy, výstupy, pro bezpečnostní vstupy, výstupy a v případě nutnosti i analogových karet. Tento dokument je k dispozici v příloze (Příloha XII).

Pro firmu, zajišťující řízení, nejprve vznikl seznam vstupů, výstupů, s uvedením jejich adres v motorové listině. Nyní probíhá tvorba projekce PLC v programu ePlan. Do PLC jsou připojeny snímače, které již nebylo možné zapojit do měničů či bus interface. Dále také kontakty prvků indikující jejich stav. Výstupní karty obsluhují pneumatické zarážky u vertikálních válečkových dopravníků. Také je zde indikační maják na střeše rozvodné skříně. Do bezpečnostních vstupů se pak připojují kontakty tlačítek ovládání a nouzového zastavení. Je zde využit systém samostatného zapojení tlačítek nouzového zastavení, zákazník požadoval toto řešení, aby byl schopný identifikovat místo vzniku stlačení nouzového tlačítka. Bezpečnostní výstupy pak ovládají bezpečnostní stykače v rozvaděči.

Řízení měničů je prováděno pomocí komunikace profinet. K měniči, který má v sekci přiřazen modul bus interface, je přiveden kabel s touto komunikací. Tento modul poté zajišťuje komunikaci mezi až 3 dalšími měniči v sekci. Tato komunikace už probíhá pomocí komunikace CAN.

Je velkou výhodou že do měniče a bus interface se mohou přivádět snímače. Do měniče maximálně 3 a do bus interface až 8 snímačů. Toto je velmi výhodné využívat, vstupy jsou sice pomalejší, ale pro snímače, nevyžadující přesné polohování, jsou vyhovující. Tímto bude zredukována velikost PLC i ovládacích kabelů a sníží se tím celková cenová náročnost.

Shrnutí

Na tomto projektu proběhla spolupráce se studentem VŠB-TUO. Ten také zpracovával bakalářskou práci u této firmy. Každý měl na starost dílčí část dokumentace, kterou zpracovával. Výstupem této práce je dokumentace k rozvodným skříním a částem technologie zahrnující se pod rozvodné skříně WC1,3,5,6.

Jedná se o nejrozsáhlejší úkol zadáný při absolvování individuální odborné praxe. A k datu odevzdání bakalářské práce stále není dokončen. Výstupem tohoto úkolu je částečně zpracovaná ideová a projektová dokumentace, dále liniová schémata sekcí a další projektová dokumentace, kterou můžete nalézt v přílohách:(Příloha VI, Příloha VIII, Příloha IX, Příloha X, Příloha XI).

Při tvorbě úkolu bylo řešeno nespočet komplikací. Největší komplikací, hlavně v počátku, byly neustálé změny přicházející od zákazníka. Tyto změny způsobovaly vždy návrat na začátek a nutnost přepracovat motorovou listinu a následně zpracované části projektové dokumentace. To způsobovalo velké zdržení.

Odpovědnou osobou vedoucím projektu byl Ing. Antonín Křeček. Dohlížel na postup práce a zodpovídal na dotazy. Ing. Antonín Křeček také externě vyučuje na VŠB-TUO a to v předmětu projektování měření a regulace.

9. Teoretické a praktické znalosti a dovednosti získané v průběhu studia uplatněné studentem v průběhu odborné praxe

V průběhu absolvování odborné praxe ve firmě se naskytlo mnoho příležitostí uplatnit znalosti a dovednosti získané v průběhu studia. V prvním úkolu byly k užitku hlavně znalosti textových programovacích jazyků, na jejichž obdobném principu probíhalo ovládání softwaru TSS1.4. Nešlo sice o plnohodnotný programovací jazyk, avšak znalosti problematiky týkající se programování byly při tvoření řady příkazů velmi užitečné.

U druhého úkolu bylo využito znalosti z oblasti řídicích systémů a senzorů. Tyto znalosti byly využity k pochopení funkce špatně napsaného popisu zařízení. Následně byly také použity pro správné vybrání typu zařízení pro cenovou nabídku.

U třetího úkolu byly využito velkého množství znalostí získaných při studiu. Znalosti z oblasti projektování, měření a regulace byly využity komplexně při projektování zařízení. Tyto znalosti byly nezbytné, někdy až nedostačující pro zvládnutí tohoto úkolu.

Znalosti využité na individuální odborné praxi pocházely z úspěšného absolvování následujících předmětů.

- Projektování měření a regulace
- Technická dokumentace
- Programovatelné automaty a vizualizace řídicích systémů
- Elektronická měření a přístroje
- Anglický jazyk
- Senzory a měření
- Bezpečnost v elektrotechnice

10. Znalosti či dovednosti scházející studentovi v průběhu odborné praxe

Největší podíl nalezených scházejících znalostí byl při řešení třetího úkolu projektování elektrické části dopravníkového systému pro přepravu karoserií aut lakovacím procesem. V začátcích řešení úkolu scházely veškeré znalosti týkající se projektování elektrických zařízení.

Toto se změnilo po absolvování předmětu projektování měření a regulace na konci 6 semestru. Znalosti získané v tomto předmětu však bylo potřeba znát dříve. Znalosti musely být doplněny již v průběhu řešení úkolu z příruček, a konzultací se zkušenými projektanty. Ale ani absolvování předmětu projektování měření a regulace neodstranilo veškeré scházející znalosti. Oblast projektování elektrických zařízení je velmi obsáhlá a zpracovat ji do jednoho zkráceného předmětu je velmi obtížné. Další nedostačující znalosti se týkala malé znalosti českých technických norem.

11. Dosažené výsledky v průběhu odborné praxe a její celkové zhodnocení

Při absolvování odborné praxe ve firmě Taurid Ostrava s.r.o. byly vystřídány různé druhy pracovního zařazení a aktivně se podílel na reálných zakázkách firmy. Náplň této činnosti byla odkázána na aktuálně řešené zakázky. Při práci byly vystřídány následující zařazení

- Projektování elektrických zařízení
- Simulace, modelování a optimalizace výrobních systémů

Výsledky bakalářské práce jsou především obsahem přiložených dokumentů. Bakalářská práce pouze popisuje způsob řešení, jakým byly jednotlivé úkoly řešeny. Výsledky práce jsou součástí přílohy.

V prvním úkolu je výstupem práce nejlepší možná posloupnost manipulací jeřábu pro moření sudů v mořárně. Tuto posloupnost obsahuje program TS 1.4 obsažený v příloze. Po spuštění aplikace se spustí výsledná posloupnost manipulací. Výstupem jsou také možné úpravy, receptury či kompozice výrobní linky tak, aby byl zajištěn rychlejší takt.

V druhém úkolu je výstupem bakalářské práce motorová listina pro mezipatrovou dopravu vozíků po dopravníkovém systému. Nachází se zde popis jednotlivých komponentů a jejich počty. Další částí je seznam vstupů / výstupů pro řízení tohoto systému a navrhovaný sestava PLC. Na základě tohoto dokumentu management firmy zpracoval cenovou nabídku.

Ve třetím úkolu je výstupem bakalářské práce ideová a výrobní dokumentace k elektrické části dopravníkového systému pro přepravu karoserií aut lakovacím procesem. Dále také liniová schémata jednotlivých sekcí dopravníků a další podklady důležité pro realizaci této zakázky. Tento úkol byl nejrozsáhlejší a časově nejnáročnější. Z důvodu rozsáhlosti nebylo ani možné všechny části řešení úkolu zaznamenat. Největším svědectvím o mé práci jsou přiložené dokumenty.

Hlavním přínosem odborné individuální praxe bylo především zlepšení znalostí a zkušeností v oblasti řešení zadaných úkolů a s nimi spojených komplikací v oblasti problematiky elektrických zařízení. Jak spolupracovat v prosperující firmě s ostatními zaměstnanci, tak také jak postupovat samostatně. Významným přínosem bylo také velké zdokonalení ve čtení a projekci elektro dokumentace. Dále pak zdokonalení práce s projekčním programem EPLAN.

Velkým přínosem bylo pracovat ve firmě, která působí na českém trhu již řadu let v oboru mého studia. Bylo získáno povědomí o fungování takovéto firmy, a stylu zpracování zakázek fungujícím v praxi.

Také věřím, že tato bakalářská práce o poskytne dobré reference firmě Taurid Ostrava s.r.o., a po ukončení studia se naskytne příležitost pro tuto firmu pracovat.

11.1 Vlastní přínos studenta

V prvním úkolu bylo přínosem vytvoření řady příkazů pro ovládání simulačního softwaru a z toho vyplývající posloupnost pohybu jeřábu. Dále také opatření pro zajištění vyššího taktu linky.

V druhém úkolu bylo přínosem vytvoření motorové listiny.

Ve třetím úkolu byla přínosem tvorba projektové dokumentace pro zahájení stavebního řízení. Zde proběhlo především dimenzování jištění, tlumivek, zdrojů, relé, a tvorba samotného zapojení. Dále také tvorba liniových schémat a podkladů pro samotnou realizaci.

12. Literatura

- [1.] *Taurid průmyslová automatizace* [online]. Ostrava: Taurid Ostrava, 2003 [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: <http://taurid.cz/cz/index.php>
- [2.] *Nástroje pro modelování a simulace výrobních procesů* [online]. Praha, 2004 [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: <http://prog-story.technicalmuseum.cz/images/dokumenty/Programovani-TSW-1975-2014/2004/2004-11.pdf>. FEL ČVUT.
- [3.] Simatic S7-1200: CPU. *Siemens* [online]. Praha: Siemens, c2017 [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: <http://www1.siemens.cz/ad/current/index.php?vw=0&ctxnh=482d225dc1&ctxp=home>.
- [4.] PLC SIMATIC S7-1500. *Siemens* [online]. Praha: Siemens, c2017 [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: <http://www1.siemens.cz/ad/current/index.php?vw=0&ctxnh=7cbaf350dd&ctxp=home>.
- [5.] ČSN 33 2000-4-41. *Elektrické instalace nízkého napětí - Část 4-41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti - Ochrana před úrazem elektrickým proudem*. Ed2. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [6.] PŘEHLED PRODUKTŮ ŘADA SK 200E. *Nord* [online]. Hamburk: NORD Drivesystems, c2015 [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: https://www.nord.com/cms/media/documents/bw/F3020_CZ_3514-zwei_Seiten.pdf
- [7.] IQ Standard. *Sick* [online]. Praha: SICK, c2017 [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: <https://www.sick.com/cz/cs/iq-standard/iq40-40npskc0k/p/p234845>
- [8.] Indukční snímače IME. *Sick* [online]. Praha: SICK, c2017 [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: <https://www.sick.com/cz/cs/detekcni-snimace/indukcni-snimace/ime/ime18-08bpszc0s/p/p228579>
- [9.] Elektromechanická blokovácí zařízení i110R / Bezpečnostní spínač pozice. *Sick* [online]. Praha: SICK, c2017 [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: <https://www.sick.com/cz/cs/blokovaci-zarizeni/elektromechanicka-blokovaci-zarizeni/i110r/i110-ra123/p/p16410>
- [10.] Absolutní enkodér AFS/AFM60 PROFINET. *Sick* [online]. Praha: SICK, c2017 [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: <https://www.sick.com/cz/cs/enkodery-a-snimace-naklonu/absolutni-encoder/afsafm60-profinet/afm60a-bdnb018x12/p/p297147>
- [11.] Snímače měření vzdálenosti - střední dosahy Dx50 / DS50. *Sick* [online]. Praha: SICK, c2017 [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: <https://www.sick.com/cz/cs/snimace-mereni-vzdalenosti/snimace-mereni-vzdalenosti-stredni-dosahy/dx50/ds50-p1112/p/p215280>

- [12.] OEZ S.R.O. *Příručka elektrikáře*. 1. Letohrad: OEZ Letohrad, 2012
- [13.] SITOP modular. *Siemens* [online]. Mnichov: Siemens, c2017 [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: <http://w3.siemens.com/mcms/power-supply-sitop/en/modular/Pages/default.aspx>
- [14.] MICO 4.6. *Murrelektronik* [online]. Stod: Mur elektronik, 1017 [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: <http://shop.murrelektronik.cz/cs/Elektronika-v-rozvad-i/Inteligentn-distribuce-proudu/MICO-4-6-9000-41034-0100600.html>
- [15.] MODULÁRNÍ ROZBOČOVACÍ SVORKOVNICE DO 160 A. *Legrand* [online]. Praha: Legrand, c2016 [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: <https://www.legrand.cz/sites/default/files/userfiles/files/rozbocovacie-svorkovnice.pdf>
- [16.] Kabely, vodiče a produkty MOSER. *Dda* [online]. Brno: DDA, c2006 [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: <http://www.kabelyvodice.cz/produkty.php>
- [17.] Online obchod chainflex s cenami – výběr výrobků. *Igus* [online]. Litoměřice: igus®, c2017 [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: http://www.igus.cz/wpck/1968/productoverview_CF
- [18.] Tabulka 12-1: Proudová zatížitelnost. *Lappgroup* [online]. Otrokoovice: LAPP KABEL, c2017 [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: https://t3.lappcdn.com/fileadmin/catalog/2016_cz_pdf/T12_Zatizitelnost%20%20zakladni%20tabulka.pdf
- [19.] Výpočtový program Sichr. *Oez* [online]. Letohrad: OEZ Letohrad, c2016 [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: <http://www.oez.cz/sluzby/vypoctovy-program-sichr>
- [20.] SK 2xxE (SK 200E ... SK 235E). *Nord* [online]. Hamburk: NORD Drivesystems, c2015 [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: https://www.nord.com/cms/media/documents/bw/BU0200_EN_1216_screen.pdf
- [21.] *Automatizační systémy* [online]. Praha: JORK, c2015 [cit. 2017-04-27]. Dostupné z: <http://shop.jork.cz/>
- [22.] ČSN EN 81346-1. *Průmyslové systémy, instalace a zařízení a průmyslové produkty - Zásady strukturování a referenční označování*. 1. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.

13. Přílohy

Příloha I: Kompletní technická specifikace pro modelování a simulaci mořící linky

Příloha II: TSS 1.4 nápověda

Příloha III: Podklady pro vypracování motorové listiny pro mezipatrovou dopravu vozíků

Příloha IV: Motorová listina mezipatrová doprava vozíků

Příloha V: Stavební dokumentace dopravníkového systému pro přepravu karoserií aut

Příloha VI: Motorová listina pro dopravníkový systém pro přepravu karoserií aut

Příloha VII: TTS 1.4 s konfigurací

Příloha VIII: Ideová + výrobní dokumentace dopravníkový systém pro přepravu karoserií aut

Příloha IX: Liniová schémata dopravníkový systém pro přepravu karoserií aut

Příloha X: Schémata řešení kabelových tras

Příloha XI: Layout se zaznačenými bezpečnostními prvky

Příloha XII: Stanovené typy řídících karet et200sp

Uvedené přílohy se nacházejí na CD, které je také součástí bakalářské práce